



UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

# *Influencia de los subcentros metropolitanos en la estructura de los valores Inmobiliarios y nuevos métodos de identificación de centralidades*

**Carlos Aguirre Nuñez**

**ADVERTIMENT** La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del repositori institucional UPCommons (<http://upcommons.upc.edu/tesis>) i el repositori cooperatiu TDX (<http://www.tdx.cat/>) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual **únicament per a usos privats** emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei UPCommons o TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a UPCommons (*framing*). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

**ADVERTENCIA** La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del repositorio institucional UPCommons (<http://upcommons.upc.edu/tesis>) y el repositorio cooperativo TDR (<http://www.tdx.cat/?locale-attribute=es>) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual **únicamente para usos privados enmarcados** en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio UPCommons No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a UPCommons (*framing*). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

**WARNING** On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the institutional repository UPCommons (<http://upcommons.upc.edu/tesis>) and the cooperative repository TDX (<http://www.tdx.cat/?locale-attribute=en>) has been authorized by the titular of the intellectual property rights **only for private uses** placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading nor availability from a site foreign to the UPCommons service. Introducing its content in a window or frame foreign to the UPCommons service is not authorized (*framing*). These rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.

Universitat Politècnica de Catalunya  
Escola de Doctorat  
Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona  
Departament de Tecnologia de l'Arquitectura



# **Influencia de los subcentros metropolitanos en la estructura de los valores Inmobiliarios y nuevos métodos de identificación de centralidades**

---

Tesi presentada per obtenir el grau de doctor per:

Carlos Aguirre Nuñez

Director: Dr. Carlos Marmolejo Duarte

Doctorat en Gestió i Valoració Urbana i Arquitectònica

Barcelona, Novembre 2020



Esta tesis fue realizada gracias al apoyo del programa de Capital Humano avanzado de Conicyt, de la Beca Presidente de la Republica y de la Universidad de las Américas de Chile. Además se contó con el apoyo del proyecto proyecto CSO 2009 7218, denominado ¿Hacia un sistema de metrópolis policéntricas?: Evolución, caracterización e influencia de los subcentros metropolitanos sobre la eficiencia de la urbanización.





## Resumen

El modelo Monocéntrico de estructura urbana, caracterizado por un claro dominio del CBD (distrito de negocios central) en términos de concentración del empleo y actividad, florecieron las principales teorías de la economía urbana, como renta ofertada (bid rent), que establece una relación de inversa proporcionalidad (trade-off) entre la renta que los localizadores están dispuestos a transferir al suelo, y el coste del transporte. Las localizaciones las más cercanas al CBD, son aquellas cuyos suelos reciben más renta. El paradigma actual de los sistemas urbanos metropolitanos se encuentra abismalmente alejado este, entre tanto: a) el CBD no suele concentrar la mayor cantidad del empleo metropolitano, y b) el resto del empleo o bien se encuentra disperso o bien aglomerado en subcentros.

La investigación discute sobre los métodos de identificación y validación de estos como territorios con una centralidad destacable en el territorio, y posteriormente, establecer medidas de impacto de estas centralidades den los valores urbanos, como el precio de suelo, los precios de vivienda, los indicadores de movilidad y la producción de CO<sub>2</sub>.

El problema de la investigación, nace de la heterogeneidad de métodos de análisis de la subcentralidad y asimismo a la dependencia, de una de las corrientes principal, de la densidad laboral como elemento central de análisis. En esa lógica, esta agenda además cuestiono y desarrollo diferentes medidas sintéticas de esta densidad laboral. El principal objetivo de esta tesis doctoral es evaluar propuestas de métodos de identificación de subcentros, aplicándolos a la Región Metropolitana de Barcelona, considerando en las diferentes medidas de densidad.

La hipótesis planteada en la investigación es si La densidad laboral como medida sintética puede ser más eficiente respecto a su medición tradicional, unido a una discusión sobre los distintos métodos, permite mejorar la identificación de subcentros en un entorno metropolitano.

La metodología utilizada en el análisis es: 1) probar diferentes aproximaciones de identificación se subcentros en la Región Metropolitana de Barcelona 2) Diseñar y probar diferentes condiciones de validación de estos subcentros; 3) Rescatar en base a medidas e indicadores los efectos de esta subcentralidad en los valores inmobiliarios, la producción de co<sub>2</sub>, el uso de suelo, entre otros factores.

Los resultados conducen a que el método de selección de subcentros más robusto resulta ser la construcción de una curva de monocentralidad mediante una regresión, analizando los residuos positivos y colocando un umbral ( 1 Desviación estándar) , para identificar emergencias de densidad de trabajadores, que son posteriormente validados en base a la definición de subcentro con al menos 3 componentes, movilidad, precios e impacto en la densidad de trabajadores, producción de CO<sub>2</sub> y el uso de suelo.

Complementariamente se probaron diferentes aproximaciones a la delimitación de áreas metropolitanas, aplicándose estas la identificación de emergencias o concentraciones de trabajadores en 7 áreas metropolitanas españolas, lo que constituye una línea de trabajo secundaria, pero convergente con la agenda de investigación principal.

Los resultados se sintetizan en dos líneas, la primera corresponde al planteamiento de una metodología de identificación de subcentros, que incluye la formación de nuevas medidas

sintéticas de la densidad laboral. De ellas la Densidad Compuesta, como medida sintética, mejora las condiciones de identificación para el Área Metropolitana de Barcelona y Madrid. La Densidad Vectorial, que sintetiza mediante la consideración de un vector entre los componentes de la tradicional, prueba su eficacia en la explicación de los valores inmobiliarios, como precio de vivienda, la producción de CO<sub>2</sub> y el uso del suelo urbano, en el caso de la Región Metropolitana de Barcelona.

## **Abstract**

The Monocentric model of urban structure, characterized by a clear dominance of the CBD (central business district) in terms of concentration of employment and activity, flourished the main theories of the urban economy, such as offered rent (bid rent), which establishes a relationship of inverse proportionality (trade-off) between the rent that the locators are willing to transfer to the ground, and the cost of transportation. The locations closest to the CBD are those whose soils receive the most rent. The current paradigm of metropolitan urban systems is abysmally far from this, meanwhile: a) the CBD does not usually concentrate the largest amount of metropolitan employment, and b) the rest of the employment is either dispersed or agglomerated in sub-centers.

The research discusses the methods of identification and validation of these as territories with a remarkable centrality in the territory, and subsequently, establishing measures of the impact of these centralities on urban values, such as land prices, housing prices, indicators mobility and CO<sub>2</sub> production.

The research problem arises from the heterogeneity of analysis methods of the sub-centrality and also from the dependence, of one of the main currents, of the labor density as a central element of analysis. In this logic, this agenda also questioned and developed different synthetic measures of this labor density. The main objective of this doctoral thesis is to evaluate proposals for methods of identification of sub-centers, applying them to the Metropolitan Region of Barcelona, considering the different density measures.

The hypothesis raised in the research is whether labor density as a synthetic measure can be more efficient compared to its traditional measurement, together with a discussion about the different methods, it allows improving the identification of sub-centers in a metropolitan environment.

The methodology used in the analysis is: 1) to test different identification approaches to sub-centers in the Metropolitan Region of Barcelona 2) to design and test different validation conditions of these sub-centers; 3) Rescue based on measures and indicators the effects of this sub-centrality on real estate values, CO<sub>2</sub> production, land use, among other factors.

The results lead that the most robust subcentre selection method turns out to be the construction of a monocentrality curve through a regression, analyzing the positive residuals and placing a threshold (1 standard deviation), to identify worker density emergencies, which are subsequently validated based on the definition of a sub-center with at least 3 components, mobility, prices and impact on the density of workers, CO<sub>2</sub> production and land use.

In addition, different approaches to the delimitation of metropolitan areas were tested, applying these to the identification of emergencies or concentrations of workers in 7 Spanish metropolitan areas, which constitutes a secondary line of work, but convergent with the main research agenda.

The results are synthesized in two lines, the first corresponds to the proposal of a methodology for the identification of sub-centers, which includes the formation of new synthetic measures of labor density. Of these the Composite Density, as a synthetic measure, improves the

identification conditions for the Metropolitan Area of Barcelona and Madrid. Vectorial Density, which is synthesized by considering a vector between the components of the traditional one, proves its effectiveness in explaining real estate values, such as house prices, CO<sub>2</sub> production and urban land use, in the case of the Metropolitan Region of Barcelona.

Dedicatoria:

A mis hijos, José Antonio, Catalina y Emilia

a mi mujer Verónica...

a mi compadre Salcedo, que, en el cielo de los no creyentes, siempre ilumina.

A mis estudiantes que han visto avances de esto durante varios, quizás demasiados semestres.



## *Agradecimientos*

*A mis hijos, por su paciencia y constancia. Partimos este proceso cuando eran niños y hoy siendo adolescentes y con una más en la familia, lo terminamos.*

*A Verónica y su apoyo necesario para que esto terminara*

*A mis padres y hermanos, por su apoyo*

*A Carlos Marmolejo, por su apoyo, su confianza, y su ejemplo de rigurosidad científica.*

*A Josep Roca, por su Todo su gran apoyo en todos los sentidos, ¡¡¡gracias de todo corazón!!!*

*A Felipe Encinas, mi co-investigador, amigo, compadre y consejero de tantos años*

*Al Rolando Biere, por todas las infinitas veces que me ayudó en este proceso*

*A toda la Familia del CPSV, Magda, Blanca; Montse*

*A Manuel, Claudia, Jorge, Iraida, Teddy y todos los compañeros del gran CPSV de la CUP (2009-2011)*

*A todos los amigos de la UC, especialmente a Waldo, Mario y Rodrigo, quien no dejo de preguntar nunca cuando estaría listo.*

*A mis amigos de la UDLA; Karen, Gastón, Daniela, Nataly, Jose, John, Patricio, Sergio, JP, y en especial a la ex decana María Adelina, por todo su incondicional apoyo.*

*a Francisco Vergara por todo el apoyo en el reencantamiento de este proceso.*

*A la Sra. Pilar Armanet, ex Rectora de la UDLA por su apoyo irrestricto.*

*A los chicos de la Asamblea de Barcelona, quienes me enseñaron muchas cosas más allá de los estudios.*

*A los chicos del Consell d' Estudiants de la UPC 2008-2012 de los cuales aprendí demasiado*

*A todos los que compartimos el claustro de la UPC, del Consell d govern y la comissió de recerca y de la CSAPIU en el periodo 2008-2012*





The ball I threw while playing in the park  
Has not yet reached the ground.

Dylan Thomas



## INDICE DE CONTENIDOS

<b>Capítulo 1 Introducción</b> .....	1
Estructura del documento.....	4
Objetivos y pregunta de investigación. ....	11
Hipótesis.....	11
Tributación de los artículos seleccionados con los objetivos.....	12
Metodología General.....	13
<b>Capítulo 2 Resumen Ampliado del estado del arte</b> .....	15
Modelos de Estructura Urbana .....	15
La estructura urbana subcentros, los centros y de empleo. ....	17
La estructura urbana y los subcentros.....	24
Líneas epistemológicas de acercamiento al Policentrismo.....	25
Análisis de los modelos de identificación existentes.....	27
Curvas de precio y densidad de LTL.....	34
Modelos econométricos de precios hedónicos.....	35
Bibliografía.....	40
<b>Capítulo 3: Artículo n°1 (A1)</b> .....	45
Nombre del artículo (cita).....	45
Resumen: .....	45
Introducción.....	48
I. Subcentros, forma de detectarlos y la teoría de formación espacial de los valores inmobiliarios.....	48
A.- Los subcentros urbanos y su función en el territorio.....	48
B- Métodos de identificación y validación de subcentros. ....	49
I.- Densidad.....	49
li.-Funcional. ....	50

li.- Estudio de caso, datos y modelos. ....	51
lii.- Resultados. ....	52
B.- Estimación de los efectos en los valores, aproximación hedónica. ....	55
Conclusiones. ....	58
Bibliografía.....	59
<b>Capítulo 4: Artículo N°2 (C5)</b> .....	63
Nombre del artículo (cita).....	63
Resumen.....	63
Introduction.....	65
State of the art.....	65
The case, methods and data.....	69
Discussion.....	69
Conclusion.....	76
Acknowledgements.....	76
References.....	76
<b>Capítulo 5: artículo N°3 (A3)</b> .....	79
Nombre del artículo (cita).....	79
Resumen.....	79
1. Introduction.....	82
2. Density formation and methods used to identify intrametropolitan sub-centers in literature.....	84
2.1 theory subjacent in density formation.....	84
2.2 methods based on the analysis of density.....	85
2.3 methods based on the analysis of functional relations.....	87
3. Revisiting employment density as a means of detecting metropolitan sub-centres.....	88
3.1 in search of the conditions that metropolitan subcentres should meet.....	88

3.2 another way to see employment density.....	90
4. A proposal for calculating compound density.....	92
5. Testing dp2 density in barcelona and madrid as an alternative to classical density.....	95
5.1 study areas, data and methodology.....	95
5.2 identification of potential sub-centres by means of classical and compound densities....	98
5.3 evaluation of sub-centres identified.....	104
6. Conclusions.....	108
<b>Capítulo 6 Conclusiones.....</b>	<b>117</b>
Sobre los artículos.....	117
Conclusión por línea.....	120
Limitaciones.....	121
Nuevas líneas de investigación.....	121
Anexo 1.....	123
Anexo 2.....	149
Anexo 3.....	225
Anexo 4 .....	359

## INDICE DE TABLAS

<b>Capítulo 1 Introducción</b> .....	1
Tabla 1: Artículos considerados en la tesis de corriente principal.....	2
Tabla 2: Artículos considerados como anexos. ....	3
Tabla 3: Artículos en actas de congresos de especialidad. ....	9
Tabla 4: Puntajes de Corte por cuartil en el área de Arquitectura. ....	10
Tabla 5: Rol del Doctorando y los coautores en cada uno de artículos.....	10
Tabla 6: Tributación de los artículos al cumplimiento de objetivos.....	12
<b>Capítulo 2 Resumen Ampliado del estado del arte</b> .....	15
Tabla 1: Clasificación de métodos de identificación según Muñiz 2003.....	29
Tabla 2: Clasificación de métodos de identificación según Muñiz.....	30
Tabla 3: Clasificación de métodos de identificación según McMillen.....	31
Tabla 4: Clasificación de métodos de identificación según Roca, 2007.....	32
<b>Capítulo 3: Artículo n°1</b> .....	45
Tabla 1 Organización de los modelos de identificación.....	53
Tabla 2 Candidatos a subcentros seleccionados, para más de 5 métodos.....	55
Tabla 3 Test de igualdad de medias.....	56
Tabla 4 Modelo de regresión base variable dependiente valor de la vivienda.....	57
Tabla 5 Coeficientes de la regresión base y diagnósticos de significancia y multicolinealidad.....	57
Tabla 6 Resumen de modelos por Grupo.....	58
<b>Capítulo 4: artículo n°2</b> .....	63
Tabla 1 Ordinary least squares regression for the natural logarithm of the municipal electricity consumption.....	74
<b>Capítulo 5: artículo n°3</b> .....	79

Tabla 1. Selected alternatives for compound density.....	92
Tabla 2 Employment sub-centre differentiation for classical density.....	94
Tabla 3 Main characteristics of metropolitan areas of Barcelona and Madrid.....	95
Tabla 4. Potential sub-centres identified in Barcelona by different densities.....	99
Tabla 5. Potential sub-centres identified in Madrid by different densities.....	103
Tabla 6 Influence of sub-centres on employment.....	106
Tabla 7 Influence of sub-centres on employment and working population in Madrid.....	108



## INDICE DE FIGURAS

<b>Capítulo 1 Introducción.....</b>	<b>1</b>
Figura 1: Organización de la Línea Principal.....	5
Figura 2: Evolución de la Línea Principal.....	5
<b>Capítulo 2 Resumen Ampliado del estado del arte.....</b>	<b>15</b>
Figura 1: Modelo de Von Thunen .....	16
Figura 2: renta del suelo y patrones de localización a escala Inter ciudades .....	18
Figura 3: CBD y subcentralidades, como modelo conceptual .....	18
Figura 4: Las regiones de mercado en un sistema de lugares centrales .....	19
<b>Capítulo 3: Artículo n°1 (A1) .....</b>	<b>45</b>
Figura 1 Subcentros de la RMB, según el método elegido.....	54
<b>Capítulo 4: Artículo N°2 .....</b>	<b>63</b>
Figura 1 : City models.....	66
Figura 2 General model validation subcenters.....	70
Figura 3: Analysis of component 1 of the industrial / commercial and compact land use and electrical consumption.....	71
Figura 4: Analysis of component 1 of the industrial / commercial and compact land use and electrical consumption. ....	72
Figura 5 Estimated areas for both variables.....	73
:Figura 6 Mantle estimate of CO2 production, explained by the distance to the CBD and sub centres municipalities.....	75
Figura 7 CPA, from the components of estimation of CO2 production.....	75
<b>Capítulo 5: Artículo N°3 .....</b>	<b>79</b>
Figura 1 Potential sub-centres identified in Barcelona by different densities.....	101
Figura 2. Potential sub-centres identified in Madrid by different densities.....	104

## Capítulo 1 Introducción

Este capítulo presenta la investigación, desarrolla los elementos que constituyen este trabajo doctoral, resume el compendio de artículos y entrega la estructura general del documento.

Esta investigación buscó establecer elementos de análisis sobre el policentrismo urbano, sus formas de identificación y medida de los efectos diferenciales de la centralidad desde distintas perspectivas. Así, funda una línea de análisis que ha sido presentada en los últimos tiempos con producción científica asociada a los modelos de centralidad y precios de vivienda y suelo.

La agenda de investigación, cuyo propósito central está definido por la exploración de métodos e indicadores que permitan la detección y validación de aglomeraciones de trabajadores que sean efectivamente subcentros urbanos. Para ello, se busca probar distintos métodos de identificación, construyendo diversas medidas sintéticas de densidad de trabajadores, probando distintos métodos de detección, aproximaciones funcionales y por último desarrollando distintos criterios de validación.

En sí la estructura urbana, haciendo énfasis en el rol de los centros y subcentros se han considerado como elemento seminal de este camino y permite el desarrollo de un cuerpo coherente y auto sostenido de conocimientos y métodos a aplicar.

Desde esa perspectiva, resultó necesario definir, probar y validar, tanto la definición de subcentros como los métodos de identificación (indicadores, procedimientos y validaciones). En una primera etapa, esta identificación de subcentros laborales, se alcanzó probando de forma secuencial diferentes métodos y probado diferentes aproximaciones metodológicas para ello, en base al estado del arte pertinente, estableciendo elementos claves para la definición y validación de subcentros urbanos. En una segunda etapa, se separó el análisis en tres vertientes, la densidad de trabajadores y sus distintas medidas sintéticas; el desarrollo de delimitación de áreas metropolitanas y la identificación de subcentros en cada una de esas realidades<sup>1</sup>; y por último un proceso de discusión y teorización sobre el policentrismo en ámbitos metropolitanos.

En total, se desarrollaron 16 productos de investigación. De ellos, 4 corresponden a artículos publicados y 12 presentaciones en congresos, publicadas en los anales y actas de dichos eventos, siendo 11 congresos considerados notables UPC, de los cuales uno cuenta con indexación Scopus. El doctorando es autor principal en 9 de los 16 artículos (2 artículos de revista y 7 artículos en actas de congreso). Segundo autor en 5, (un artículo de revista y 4 artículos en actas de congreso), según se detalla en la tabla n°2.

La ligazón de estos productos de investigación, mantiene la lógica de prueba de hipótesis, mediante la presentación de productos avanzados a congresos con revisión de pares, una vez recogido los comentarios y análisis de los comentarios en la presentación del congreso; se sistematiza y realiza una versión extendida, que es un artículo científico de mayor extensión y

---

<sup>1</sup> Trabajando en equipo con otros doctorandos del grupo de investigación del CPSV, bajo la dirección de Carlos Marmolejo.

profundidad, que se somete a revisión de pares. En ese contexto, progresivamente cada versión es una versión ampliada, corregida y mejorada de alguno de los preceptos según las líneas de análisis definidas anteriormente. En esa lógica, se consideraron dos artículos y un acta de congreso, todos indexados para el cálculo del puntaje del proceso doctoral.

*Tabla 1: Artículos considerados en la tesis de corriente principal.*

Cod	Año	Autores	Doctorando como autor principal	Nombre artículo	Revista/congreso	Indexación
A1	2011	Aguirre Núñez, Carlos Andrés; Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro	Si	<a href="#">El impacto del policentrismo sobre la distribución espacial de los valores inmobiliarios: un análisis para la Región Metropolitana de Barcelona</a>	Rev Construcción	<a href="#">WOS/Scopus</a>
C5	2011	Núñez, C.A., Duarte, C.M.;	Si	<a href="#">Identification of urban subcentres by means of land use, electric consumption and CO 2 production. The case of Barcelona Metropolitan Area (RMB)</a>	PLEA 2011	<a href="#">Scopus</a>
A3	2013	Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro; Aguirre Núñez, Carlos Andrés; Roca Cladera, Josep	No	<a href="#">Revisiting employment density as a means to detect metropolitan sub-centres: an analysis for Barcelona and Madrid</a>	ACE	<a href="#">Scopus</a>

*Fuente: Elaboración propia en base a UPCOMMONS.*

Influencia de los subcentros metropolitanos en la estructura de los valores inmobiliarios y nuevos métodos de identificación de centralidades

Tabla 2: Artículos considerados como anexos.

Cod	Año	Autores	Autor principal	Nombre artículo	Revista/ congreso	Indexación
A4	2013	Marmolejo Carlos Masip, Jaume; Aguirre Carlos A.	no	<a href="#">Policentrismo en el sistema urbano español: un análisis para 7 áreas metropolitanas</a>	Ciudad y territorio	S/I en el periodo Notable UPC Actualmente Scopus
A2	2010	Aguirre Carlos; Marmolejo Carlos.	si	<a href="#">Hacia un método integrado de identificación de subcentros a escala municipal: un análisis para la Región Metropolitana de Barcelona</a>	ACE	S/I en el periodo Notable UPC Actualmente Scopus
C2	2009	Aguirre Núñez Carlos; Marmolejo Duarte Carlos.	si	<a href="#">Effects of labor subcentres in urban property values. Case study of the metropolitan region of Barcelona</a>	ERSA	Notable UPC
C3	2010	Marmolejo Carlos; Aguirre Carlos; Ruiz Manuel.	no	<a href="#">¿Hacia un sistema de metrópolis españolas policéntricas?: caracterización de su estructura metropolitana</a>	CTV	Notable UPC
C4	2010	Aguirre Carlos; Marmolejo Carlos; Roca Josep.	si	<a href="#">Revisiting employment density as a way to detect metropolitan subcentres: an analysis for Barcelona &amp; Madrid.</a>	ERSA	Notable UPC
C6	2011	Marmolejo Carlos Aguirre Carlos; Masip Jaume; Chica Juan; Eduardo; Pérez Claudia.	no	<a href="#">Polycentrism in the Spanish metropolitan system an analysis for 7 metro areas</a>	ERSA	Notable UPC
C7	2011	Marmolejo Carlos Pérez Claudia; Chica Eduardo; Masip Jaume; Aguirre Carlos.	no	<a href="#">Revisión metodológica de la delimitación metropolitana: un análisis para el sistema metropolitano español</a>	CTV	Notable UPC
C8	2011	Marmolejo, Carlos Aguirre, Carlos Cerdà Jorge.	no	<a href="#">Time-density and polycentrism in the spanish metropolitan system: a first approach</a>	CTV	
C9	2011	Aguirre, Carlos; Marmolejo, Carlos.	si	<a href="#">Subcentros urbanos y precios de vivienda: un marco de análisis</a>	CTV	Notable UPC
C10	2011	Aguirre Carlos; Marmolejo Carlos.	si	<a href="#">Hacia nuevas formas de evaluar la estructura del territorio metropolitano, casos de Barcelona y Madrid</a>	Socializar Conocimientos	S/indexación
C11	2011	Marmolejo, C.; Aguirre, C.; Ruiz, M. & Cerda, J.	no	<a href="#">New ways of life. Is polycentrism tackling dispersal in Mediterranean metropolises?: A first Approach,</a>	UIA	Notable UPC
C12	2019	Aguirre, Carlos; Marmolejo Carlos; Vergara Francisco.	si	<a href="#">Centralidad y subcentralidad en ciudades con baja regulación, el caso Antofagasta y la Serena en Chile</a>	CTV	Notable UPC

Fuente: Elaboración propia en base a UPCOMMONS.

Cabe destacar, que estas publicaciones conforman un proceso seminal de investigación que se mantiene hasta el día de hoy en otros ámbitos que superan el espacio de esta investigación. En esa lógica, la producción científica del periodo, corresponde a un cuerpo articulado y asociado a las temáticas de policentrismo y subcentralidad, y sus impactos asociados a los valores inmobiliarios y ambientales.

Además, se contó con el apoyo del MICINN a través del proyecto CSO 2009 7218, denominado ¿Hacia un sistema de metrópolis policéntricas?: Evolución, caracterización e influencia de los subcentros metropolitanos sobre la eficiencia de la urbanización, dirigido por Carlos Marmolejo y con el doctorando como investigador asociado al proyecto<sup>2</sup>.

## Estructura del documento

Este documento, se compone de 6 capítulos, organizados de la siguiente forma: En el capítulo uno se presenta la investigación, en el capítulo 2 se presentan los antecedentes teóricos basales de los artículos que componen el proceso doctoral. Los capítulos 3, 4 y 5, corresponden a los artículos ya presentados en la tabla n°1. El capítulo 6, son las conclusiones, recomendaciones y reflexiones finales del proceso. Además, en los anexos, se presentan las comunicaciones y artículos, derivados de la investigación, que fueron aceptados en congresos y revistas no indexadas en Scopus o WoS, y que son parte constituyente de la investigación inicial.

El capítulo 1 presenta la investigación, sus alcances y una explicación de la agenda de investigación, y la articulación general del documento. En el capítulo 2, se presenta un resumen ampliado de la teoría que subyace a los artículos presentados, haciendo hincapié en temas que, por razones de cada editorial fueron simplificadas o en su defecto, resumidas para cumplir con las palabras o caracteres máximos exigidos. Se discuten los elementos y teorías que conforman el cuerpo epistemológico del policentrismo, como también, la naturaleza de la identificación y validación de subcentros de empleo en áreas urbanas, mediante un levantamiento del estado del arte.

Los capítulos posteriores incluyen tres artículos, ordenados cronológicamente según su publicación y se estructuran en base a una secuencia de análisis, resultados y formas de validación de los subcentros, mayoritariamente en la Región Metropolitana de Barcelona, sin desmedro de algunos experimentos en el Área Funcional de Barcelona, el Área Metropolitana y Funcional de Madrid, y una aplicación experimental en ciudades chilenas.

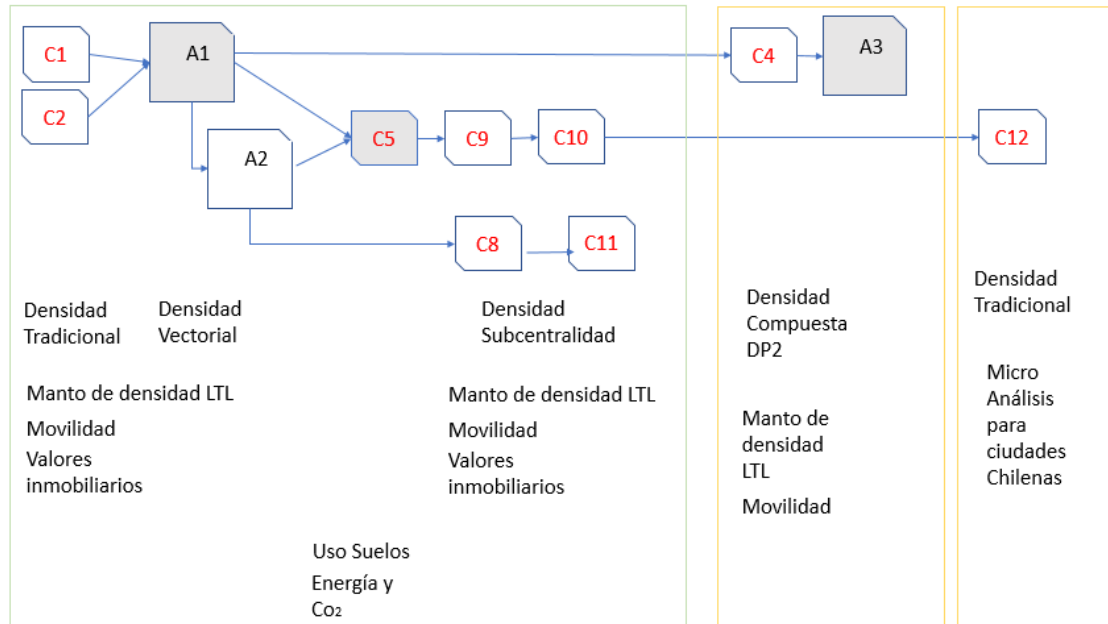
Tal como se muestra en la figura 1, en la medida que se avanza en los artículos, estos se van complementando, se abandonan propuestas, se crean y validan distintos criterios o métodos, hasta refinarlos en una versión más robusta. Por tanto, en cada uno de los productos, al ser con revisión de pares, se valida el desarrollo de las siguientes líneas de investigación: la definición de subcentros, la hipótesis de la medida sintética de densidad, los métodos de validación o las pruebas de los candidatos a subcentros.

---

<sup>2</sup> <https://futur.upc.edu/2079621>

Influencia de los subcentros metropolitanos en la estructura de los valores inmobiliarios y nuevos métodos de identificación de centralidades

Figura 1: Organización de la Línea Principal subcentros.



Fuente: Elaboración propia en base a UPCOMMONS.

Así se pasa de una densidad de trabajadores lineal, donde se suman de forma equivalente los trabajadores que viven en el territorio con los que llegan a este, definida como densidad tradicional, a medidas sintéticas, que consideran de distinta forma a los trabajadores según su origen o destino. Esta línea de análisis se considera la línea principal del proceso doctoral. Estas medidas integradas y sus relaciones entre los indicadores de densidad de trabajadores que se ahonda en la figura 2.

Figura 2: Evolución de la Línea Principal de subcentros.

Lineamientos de la definición de Subcentro	Aglomeración + movilidad + accesibilidad		Aglomeración + movilidad + jerarquía	
Hipótesis de densidad sintética				
Métodos de identificación	Morfológicos Funcionales		Morfológicos	
Pruebas a los candidatos a Subcentro	Efecto en la DLTl Efecto en la movilidad Efecto en los valores inmobiliarios (bid rent)		Efecto en la DLTl Efecto en la movilidad Efecto en los valores inmobiliarios (bid rent) Uso se Suelo Producción de Co2	
Productos de investigación	C1 C2	A1 A2	C5 C8 C9 C11 C10 C12	C4 A3

Fuente: Elaboración propia en base a UPCOMMONS.

Todos los artículos presentar partes de la investigación final, que se prueba, discute y evalúa en los distintos congresos temáticos, redefiniendo en algunos casos, agotando líneas de investigación, en otros y por último consolidando preceptos, definiciones y métodos. Cabe destacar que todos ellos fueron enviados a congresos con revisión ciega de pares y sus manuscritos son los que acá se presentan.

El primer artículo, busca poner en diálogo los distintos métodos de selección de subcentros, incluyendo una versión experimental de la densidad de trabajadores, denominada vectorial; se presentan los métodos de identificación de subcentros y se discute sobre las posibles validaciones que deben tener los subcentros para ser maduros. En este sentido se exploran las validaciones por manto, movilidad e impacto en los valores inmobiliarios. Es importante y a su vez revelador que este sea el primer artículo de este dossier, ya que sintetiza los preceptos validados en los congresos CTV y ERSa, cuyas publicaciones están en los anexos.

El segundo artículo, busca probar la densidad vectorial, en los modelos de identificación para Barcelona con otro énfasis, adelantando una discusión sobre la territorialización del consumo energético y la consecuente producción de CO<sub>2</sub>, como primera aproximación a dos realidades distintas, siendo una unidad en sí misma y que viene a fundar una línea de investigación que perdura hasta hoy, con nuevos problemas (desempeño energético, pobreza energética, segregación socio residencial y el impacto de la pandemia en la ciudad) pero similares herramientas.

El tercer artículo, concentra su desarrollo en poner en diálogo distintas aproximaciones a la medición sintética de la densidad laboral. Ya en el primer artículo, se presenta la posibilidad de nuevas versiones de este indicador, basado en medidas sintéticas que hacen una separación entre los distintos tipos de viajeros que están en un territorio, sin considerar el efecto vinculado a la cantidad de trabajadores, obviando las correlaciones entre la cantidad de trabajadores entrantes, salientes y residentes, por tanto, en este artículo se realiza un ejercicio de síntesis matemática en base al cálculo de una distancia ponderada que considera las correlaciones entre ellos, denominada DP2. Además, se utilizan otras formas de delimitar un área metropolitana, mediante un método de movilidad laboral y que permite establecer de mejor manera los elementos de análisis de estas áreas metropolitanas. Estos últimos dos puntos, corresponden a las presentaciones en congresos CTV y ERSa respectivamente.

Los artículos que componen los capítulos 3, 4 y 5 son los siguientes. El capítulo 3, es el artículo<sup>3</sup>: El impacto del policentrismo sobre la distribución espacial de los valores inmobiliarios: un análisis para la Región Metropolitana de Barcelona, publicado en la Revista de la construcción, volumen 10 número 1, páginas 78-90. En este artículo, publicado el 2011, enviado y aceptado el 2010, se centra en la definición de subcentro, siendo la formalización del artículo publicado en ACE<sup>4</sup> y

---

<sup>3</sup> Aguirre, C, & Marmolejo, C. (2011). El impacto del policentrismo sobre la distribución espacial de los valores inmobiliarios: un análisis para la Región Metropolitana de Barcelona. Revista de la construcción, 10 (1), 78-90. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-915X2011000100008>.

<sup>4</sup> Aguirre, C.A; Marmolejo, C. Hacia un método integrado de identificación de subcentros a escala municipal: un análisis para la Región Metropolitana de Barcelona. "ACE: architecture, city and environment". Aceptado 18 de septiembre de 2010, vol. 14, p. 99-122.

los congresos precedentes CTV<sup>5</sup> y ERSA<sup>6</sup>. En este se hace énfasis en los modelos de análisis de los efectos sobre los valores inmobiliarios, tomando elementos más específicos de la teoría del Bid Rent de Alonso, (Alonso, 1964), aplicadas a los subcentros identificados con la densidad vectorial, probando un modelo de precio hedónico clásico en su formulación. En este se edificaron los primeros problemas de multicolinealidad en el modelo de precio hedónico, el cual fue cuidadosamente tratado. Se establece un método de análisis de territorios, con la finalidad de identificar subcentros, validarlos y plantear las distintas dimensiones de la investigación. En ese sentido, sus principales conclusiones son la validación de un grupo de subcentros en la Región Metropolitana de Barcelona, mediante un proceso definición de medidas sintéticas, la llamada densidad tradicional y la densidad vectorial, y los análisis mínimos de validación, de forma tal de estimar un efecto sobre el manto de precios, densidad de trabajadores y su movilidad. La principal conclusión es que los subcentros identificados por la densidad vectorial, tienen un impacto medible sobre los valores inmobiliarios, mediante una ecuación de precio hedónico, en la cual se debe cuidar la multicolinealidad, entre los factores de distancias involucrados.

Este artículo se encuentra indexado en Web of Science (Science Citation index expanded, en Arquitectura y Urbanismo; e Ingeniería Civil), Scopus (Building and Construction and Civil, Civil and Structural Engineering) y Scielo. En SJR, cuenta con un valor de 0.16, en Q3 para Building and Construction para el año de publicación. Al trasladar el valor a SJR de Arquitectura, tal como indica el reglamento del programa de doctorado, queda en Q2, obteniendo 3 puntos. A la fecha cuenta con 4 citas en Scopus y WoS, 14 citas en ResearchGate, 11 citas en Semantic Scholar.

El capítulo 4, consiste en el artículo<sup>7</sup>:The urban subcentros, the land use and CO<sub>2</sub> production: analyst of the Metropolitan Area of Barcelona. Presentado en el XXVII PLea Congress 2011 y publicado en los anales del congreso. Es el producto final de la estancia doctoral en Arquitectura y Clima de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Católica de Lovaina en Bélgica. El proceso de curatoria superó un año desde su envío hasta su publicación, incluyendo dos revisiones de pares ciegos.

---

<sup>5</sup> (C1) Aguirre Núñez, Carlos Andrés; Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro. Efectos de los subcentros urbanos en los valores inmobiliarios: estudio del caso de la Región Metropolitana de Barcelona. A: International Conference Virtual City and Territory. "5th International Conference Virtual City and Territory, Barcelona, 2,3 and 4 June 2009". Barcelona: Centre de Política de Sòl i Valoracions, 2009, p. 729-744.

<sup>6</sup> (C2) Aguirre, C.A.; Marmolejo, C. Effects of labor subcentres in urban property values. Case study of the metropolitan region of Barcelona. A: European Congress of the Regional Science Association International. "Territorial Cohesion of Europe & Integrative Planning: 49th European Congress of the Regional Science Association International". Lodz: 2009, p. 1-22.

<sup>7</sup> Aguirre Núñez, Carlos Andrés; Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro. The urban subcentros, the land use and CO<sub>2</sub> production: analyst of the Metropolitan area of Barcelona. A: PLEA 2011 (XXVII PLea Congress 2011: Louvain la neuve)". Louvain la Neuve, Universitat catholique de Louvain. Faculty of Architecture and Engineering, 2011, p.125-131. Editor: Presses universitaires de Louvain; Tome 2/3; Editores: Magali Bodart, Arnaud Evrard; coleccion (Presses universitaires de Louvain); Publicación: 01 juillet 2011; ISBN 978-2-87463-277-8.



El artículo busca establecer un vínculo entre la centralidad y las aglomeraciones con la producción de CO<sub>2</sub> y el gasto energético. Al revisar la teoría de la economía urbana, el índice de actividad laboral se ha medido en función de la cantidad de trabajadores en la zona y la densidad del uso del suelo. La mayoría de los estudios en el campo de la economía del suelo urbano incorporan estos indicadores como insumo para evaluar la estructura urbana, la identificación de subcentros urbanos y la definición de patrones de movilidad.

Los subcentros urbanos son la concentración territorial de trabajadores y en ese sentido; definen los patrones de movilidad urbana en un área metropolitana, sin embargo, hay más posibilidades de identificarlos. Propone una nueva definición de subcentros. La densidad de los trabajadores se complementa con la observación de cuatro enfoques para el análisis del Área Metropolitana de Barcelona. Estos cuatro enfoques son los patrones de suelo urbano (basados en la información sobre la cobertura del suelo CORINE), la movilidad de los trabajadores (a partir de los datos del Censo español), el consumo eléctrico (a partir de la información de las compañías eléctricas) y la producción estimada de CO<sub>2</sub>. En consecuencia, la estructura urbana se definirá en base a estos cuatro enfoques, que también validarán los 15 subcentros previamente definidos del Área Metropolitana de Barcelona. Esta conclusión abre una nueva perspectiva sobre la subcentralidad y el policentrismo, asociando los valores de ocupación y uso de suelo en los análisis.

Este artículo se encuentra indexado en Scopus. En SJR, cuenta con un valor de 0.122, en Energy Engineering and Power Technology, para el año de publicación 2012. Al trasladar el valor a SJR de Arquitectura, tal como indica el reglamento, queda en Q2, obteniendo 3 puntos.

El capítulo 5, presenta el artículo<sup>8</sup>: Revisiting employment density as a means to detect metropolitan sub-centres: an analysis for Barcelona and Madrid. Publicado en "ACE: Architecture, City and Environment", en el volumen n°8, núm. 23, páginas 33-64.

Este artículo publicado en 2013 y cuya versión original es de 2011, fue aceptado en diciembre de 2012, establece diferentes formas de la densidad de trabajadores, la tradicional, la vectorial, una como está establecida en los otros artículos, una versión multiplicativa y por último una versión compuesta, donde se construye como versión sintética aplicando el método de la distancia DP2. Esta distancia DP2, se calcula sintetizando las medidas de trabajadores residentes, entrantes y salientes, elimina el supuesto de ortogonalidad de las métricas entre ellos<sup>9</sup>, que se utilizaba en la densidad vectorial y multiplicativa. Se aplica el método en la Región Metropolitana de Barcelona y Madrid de forma de validar el método y comparar sus resultados. Se complementan las validaciones de movilidad, acercándose a una medida más certera de autocontención, y validando mediante densidad poblacional en ambos casos, se valida que la medida sintética de la DP2, mejoraría la eficiencia en la identificación de subcentros en los ámbitos metropolitanos. Las principales conclusiones de este trabajo, son la eficiencia de la

---

<sup>8</sup> Marmolejo Duarte, Carlos [et al.]. Revisiting employment density as a means to detect metropolitan sub-centres: an analysis for Barcelona and Madrid. A: "ACE: Architecture, City and Environment", octubre 2013, vol. 8, núm. 23, p. 33-64.

<sup>9</sup> Del primer artículo. Aguirre, C, & Marmolejo, C. (2011). El impacto del policentrismo sobre la distribución espacial de los valores inmobiliarios: un análisis para la Región Metropolitana de Barcelona. Revista de la construcción, 10(1), 78-90.

versión compuesta de la densidad de empleo y como esta versión sintética es eficiente en la generación de un grupo de subcentros maduros para ambas realidades metropolitanas.

Este artículo está indexado en Scopus, y en WOS (Emerging Sources Citation Index), cuenta a julio de 2020, con 2 citación<sup>10</sup> en Scopus y WoS. Además, 5 citaciones en Researchgate y 3 en Google Scholar. En SJR, cuenta con un valor de 0.120, en Arquitectura, para el año de publicación 2013, perteneciendo al Q3 de ese año, tal como indica el reglamento, obteniendo 2 puntos.

Sobre la base del reglamento, se seleccionan las tres publicaciones mencionadas. Estas publicaciones tienen la característica de haber sido desarrolladas en el proceso doctoral y consecuencias de publicaciones y ponencias desarrolladas. Acorde al reglamento, se pasa a calcular el puntaje asociado al cuartil donde se encuentran las revistas y el congreso, que forman parte de cuerpo de la tesis. En este punto se debe establecer que, para la revista de la construcción, cuyo SJR se encuentra en ingeniería, específicamente en construcción y edificación, se utilizó el puntaje equivalente y la posición que debería tener en el ranking de arquitectura de su año. Asimismo, con el artículo de PLEA, se realizó el mismo procedimiento, para el año 2012 que es el primero que informa el puntaje SJR.

Tabla 3: Artículos en actas de congresos de especialidad.

Título	Autor	Revista	Año	Puntaje SJR	Cuartil (Equiv SJR) ARQ	Puntos	Índice
<a href="#">El impacto del policentrismo sobre la distribución espacial de los valores inmobiliarios: Un análisis para la Región Metropolitana de Barcelona</a>	Aguirre, C., Marmolejo, C.	<a href="#">Revista de la Construcción</a>	2011	0,16	Q2	3	WOS <a href="#">Scopus</a> <a href="#">Scielo</a>
<a href="#">Identification of urban subcentres by means of land use, electric consumption and CO 2 production. The case of Barcelona Metropolitan Area (RMB)</a>	Núñez, C.A., Duarte, C.M.	<a href="#">PLEA 2011 - Proceedings of the 27th International Conference on Passive and Low Energy Architecture</a>	2012	0,122	Q2	3	<a href="#">Scopus</a>
<a href="#">Revisiting employment density as a means to detect metropolitan sub-centres: An analysis for Barcelona and Madrid</a>	Marmolejo Duarte, C., Aguirre Núñez, C., Roca Cladera, J.	<a href="#">Architecture, City and Environment</a>	2013	0,12	Q3	2	<a href="#">Scopus</a> Emerging Sources Citation Index

Fuente: Elaboración propia en base a JCR y Scopus.

<sup>10</sup> Ban, J., Arnott, R., & Macdonald, J. L. (2017). Identifying employment subcenters: The method of exponentially declining cutoffs. *Land*, 6(1) doi:10.3390/land6010017

## Puntajes de corte para los artículos

Tabla 4: Puntajes de Corte por cuartil en el área de Arquitectura.

Año	Cuartil	Pte. corte ARQ
2011	Q1	más de 0,196
	Q2	más de 0,106
	Q3	más de 0,1
	Q4	menos de 0,100
2012	Q1	más de 0,251
	Q2	más de 0,119
	Q3	más de 0,101
	Q4	menos de 0,101

Fuente: Elaboración propia en base a JCR.

Con ello se llega a la suma de 8 puntos con estos artículos, cumpliendo el puntaje mínimo para el compendio de artículos como tesis doctoral establecido en el reglamento, siendo además autor principal de 2 de los 3 artículos. Acorde al reglamento, se presenta el rol del doctorando en cada uno de los artículos, haciendo explícito el aporte en cada uno de ellos.

Tabla 5: Rol del Doctorando y los coautores en cada uno de artículos.

Cod	Autores	Autor principal	Nombre artículo	Contribución doctorante	Carlos Marmolejo	Josep Roca
A1	Aguirre Núñez, Carlos Andrés; Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro	si	<a href="#">Efecto del policentrismo sobre los valores inmobiliarios, un análisis para la Región Metropolitana de Barcelona</a>	Autor principal, desarrollo del planteamiento metodológico, y análisis de datos y redacción. Corrección de revisión de pares	Guía y desarrollo metodológico, apoyo en redacción y revisiones intermedia y final	
C5	Núñez, C.A., Duarte, C.M.;	si	<a href="#">Identification of urban subcentres by means of land use, electric consumption and CO 2 production. The case of Barcelona Metropolitan Area (RMB)</a>	Autor principal, desarrollo del planteamiento metodológico, y análisis de datos y redacción. Corrección de revisión de pares	Apoyo en redacción y revisiones intermedia y final	
A3	Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro; Aguirre Núñez, Carlos Andrés; Roca Cladera, Josep	no	<a href="#">Revisiting employment density as a means to detect metropolitan sub-centres: an analysis for Barcelona and Madrid</a>	Desarrollo del planteamiento metodológico, y análisis de datos y redacción versión original en castellano.	Autor Principal, guía y desarrollo metodológico, redacción de la versión en inglés, y revisiones intermedia y final, levantamiento de las condiciones de publicación	Guía y desarrollo metodológico, apoyo en redacción y revisiones intermedia y final

Fuente: Elaboración propia

## Objetivos y pregunta de investigación

El objetivo general consiste en evaluar propuestas de subcentros de empleo, en el Área Metropolitana de Barcelona, mediante una medida de densidad de trabajadores compuesta que sintetice elementos de la movilidad metropolitana y que permitan reconocer los núcleos o subcentros metropolitanos maduros, o sea que no solo atraigan empleos externos, si no mantener los empleos residentes, evaluando sus impactos asociados a valores inmobiliarios, la movilidad y las condiciones de sustentabilidad de los territorios.

### Objetivos específicos

- 1.- Discutir, teórica y empíricamente, sobre los diferentes métodos de identificación de subcentros.
- 2.- Plantear diferentes formas de expresión y cálculo de la densidad de trabajadores de un territorio, incorporando elementos de movilidad, de producción de carbono y/o uso de suelos.
- 3.- Proponer un método de validación de los subcentros identificados, haciendo énfasis en definiciones más certeras de un subcentro metropolitano.
- 4.- Identificar y validar subcentros en las distintas zonas del Área Metropolitana de Barcelona.
- 5.- Establecer cuál o cuáles son los efectos en los valores inmobiliarios de la cercanía a los subcentros de empleo.

La pregunta de investigación es la siguiente:

¿Es posible sintetizar en una medida de densidad los elementos de movilidad cotidiana de trabajadores, con el fin de identificar subcentros maduros? Además, ¿Ejercen estos subcentros efectos equivalentes a los del centro en los valores inmobiliarios?

Se busca establecer cuál o cuáles serían los efectos de los subcentros sobre los valores inmobiliarios y, por tanto, que tanto producen aumentos de precios en los inmuebles, en la movilidad cotidiana o commuting y en la densidad de trabajadores.

## Hipótesis

La densidad de empleos, como medida de aglomeración, puede ser perfeccionada considerando operaciones distintas o complementarias a la suma de trabajadores residentes y externos. Esto permitiría diferenciar los subcentros que solo atraigan empleo, a subcentros maduros y con una jerarquía urbana mayor.

## Tributación de los artículos seleccionados con los objetivos

Los artículos, tiene una relación importante con el cumplimiento de los objetivos del proceso doctoral, la tributación se observa en la tabla N°6, donde se evidencia que los tres artículos seleccionados dan cumplimiento a los 5 objetivos definidos en el plan de tesis.

Tabla 6: Tributación de los artículos al cumplimiento de objetivos.

Año	Artículo	Objetivos del proceso doctoral				
		1.- Discutir, teórica y empíricamente, sobre los diferentes métodos de identificación de subcentros.	2.- Plantear diferentes formas de expresión y cálculo de la densidad de trabajadores de un territorio, incorporando elementos de movilidad, de producción de carbono y/o uso de suelos.	3.- Proponer un método de validación de los subcentros identificados, haciendo énfasis en definiciones más certeras de un subcentro metropolitano.	4.-Identificar y validar subcentros en las distintas zonas del Área Metropolitana de Barcelona.	5.- Establecer cuál o cuáles son los efectos en los valores inmobiliarios de la cercanía a los subcentros de empleo.
2010	A1	X	x	x	x	x
2011	C5	X	x	x	x	
2013	A3	X	x	x	x	

Fuente: Elaboración propia.

Además, en el anexo 1, se presenta el proceso de análisis de toda la producción del periodo, incluyendo los artículos no seleccionados para obtener la puntuación acorde del reglamento.

En términos generales, existe una amplia cobertura de los objetivos uno al cuatro, debido a su alcance metodológico, dado el énfasis articulado entre cada uno de ellos. El artículo uno, busca establecer todos los elementos de análisis, haciendo énfasis en el desarrollo de un método de análisis, este se aplica para la Región Metropolitana de Barcelona, estableciendo nuevas formas de pensar la densidad de trabajadores. Además, el objetivo 5, sobre el desarrollo de los valores inmobiliarios, se cubre casi en su totalidad para el Área Metropolitana de Barcelona, ya que es la hipótesis a probar. En el segundo, con la medida anteriormente señalada, se hace énfasis en los métodos de validación adjuntando elementos de uso de suelo y producción de dióxido de carbono, como residuo de la producción de energía, ampliando el cumplimiento de los cuatro primeros objetivos. Por último, el tercer artículo consolida el cumplimiento del objetivo dos, ampliando la mirada a nuevas formas de la densidad de trabajadores, probando las validaciones de subcentros en dos ciudades distintas.

## Metodología General

Para el desarrollo del proceso doctoral, se ha definido un acercamiento cuantitativo, a una realidad territorial, basado en bases de datos secundarias, construidas para este efecto. Además, se estableció un corte transversal para los datos de precios de vivienda del Ministerio de Vivienda, densidad de trabajadores y otros indicadores territoriales de INE, superficies y usos de suelo, según CORINE LAND COVER procesados por el CPSV, más datos de energía y construcción de bases de datos de producción de dióxido de carbono.

El caso de estudio es el Área Metropolitana de Barcelona; este tiene 164 municipios, 3.200 kilómetros cuadrados, 551 kilómetros cuadrados artificiales. Se realizó un cruce con la información de los lugares de trabajo que se ubican a nivel de municipios, (denominados lugares de trabajo) obtenidos en base a la movilidad laboral encontrada en el Censo de Población y Vivienda, realizado por el INE en 2001.

Las recolecciones de los otros datos se han realizado de diferentes fuentes, incluyendo el uso del suelo urbano de la cobertura del suelo CORINE desde el año 2000, los datos de consumo eléctrico de las diferentes actividades económicas en la ciudad, los que se han recopilado de las empresas encargadas de la distribución eléctrica del Área Metropolitana de Barcelona. Todos los datos existentes son la zona de trabajo correspondiente a 158 municipios continuos; definiendo como el distrito empresarial central (CBD), al municipio de Barcelona.

En esa lógica, el acercamiento metodológico para todos los productos de investigación de esta línea principal de investigación, es un proceso de tres fases:

- 1- Determinación de candidatos a subcentros entre los municipios del área metropolitana, en el caso de los artículos, Barcelona (en los tres) y Madrid (en el final). Esto consiste en desarrollar una base de datos, procesarla de forma cuantitativa para determinar aglomeraciones o concentraciones medibles del indicador y marcar ese territorio con una nueva variable dummy.
- 2- Establecer un método de validación de los candidatos, haciendo énfasis en la cuantificación de los efectos de los subcentros sobre su entorno, desde varias ópticas. La primera y más recurrente es la mejora del ajuste de una regresión que explique el manto de densidad, al considerar la distancia al CBD y a los subcentros. De la misma forma, el precio de las viviendas y el suelo, los valores de movilidad, el uso de suelo y la producción de dióxido de carbono.
- 3- Hacer un énfasis en uno de los factores de validación (precios, movilidad, producción de dióxido de carbono o uso de suelo) y reestudio de alguno de los factores identificados, centrándose en el efecto de un modelo con un centro y subcentralidades.

En este proceso de investigación se desarrollan, además, métodos de determinación de áreas metropolitanas, análisis algebraico y abstracto de las condiciones de los territorios y comparaciones funcionales, que se pueden consultar en cada uno de los artículos que componen los anexos.

Cabe destacar que el acercamiento metodológico cuantitativo, y los métodos explorados, han sido aplicado a las Regiones Metropolitanas, donde es accesible los datos de ubicación de origen y destino de trabajadores, valores inmobiliarios, acceso a superficies artificializadas y datos de catastro y consumo de energía por cada territorio. Y es una gran limitación de este acercamiento, su aplicación en territorios con menos datos disponibles. Aun así, el alcance del método es metropolitano y exploratorio, por tanto, las condiciones cualitativas de cada territorio deben ser observadas con instrumentos que exceden a este trabajo y que puedan captar los elementos culturales de mayor profundidad.

## Capítulo 2 Resumen Ampliado del estado del arte

Este capítulo busca establecer los principales factores teóricos y empíricos actualizados sobre el policentrismo, la identificación de subcentros, la validación de ellos y sus efectos sobre los precios inmobiliarios.

### Modelos de Estructura Urbana

Durante los últimos años se han desarrollado líneas de investigación que buscan establecer la estructura urbana, mediante la identificación y caracterización de centros y subcentros urbanos. Estas investigaciones cuentan con acercamientos desde distintas disciplinas, como el urbanismo, la economía urbana, la geografía y la sociología. En esta agenda de investigación (Boix & Trullen, 2012), constituye un desafío importante para los investigadores y actores públicos.

La ciudad es y ha sido una sede privilegiada de las funciones superiores de la humanidad, como la religión, la defensa, la industria, el gobierno, etc. (Camagni, 2005). Dentro de las ciudades, estas actividades se han estudiado para comprender cuáles son sus patrones de localización y cómo estos influyen en las condiciones de vida de las ciudades.

Distintas disciplinas, desde la economía, la geografía, los estudios urbanos y la sociología, por nombrar los más relevantes, han intentado desarrollar modelos explicativos y predictivos de la estructura y forma urbana. Muchos de ellos son divergentes en sus análisis y algunos complementarios en las visiones.

La economía urbana, es uno de los elementos de discusión más importantes, haciendo énfasis en lo que se ha conocido como la teoría de la localización. Desde 1800 hasta la actualidad, para explicar los fenómenos económicos que se viven en la ciudad y como ellos evolucionan, se piensa en la denominada “estructura económica de la ciudad”, desde acercamientos transversales a la economía, la geografía y el urbanismo. Se busca integrar muchas variables en modelos simplificados, que, por su elegancia y facilidad de interpretación, logran explicar los macro fenómenos urbanos, como la aglomeración de trabajadores en determinadas zonas, la especialización del espacio. Estos modelos explicativos, parten desde el modelo de Von Thunen de 1826 con una fuerte carga agrícola, hasta la actualidad donde se discute sobre la auto organización de la economía del espacio, sin embargo, todas estas aproximaciones al fenómeno nacen de dos preguntas claves (Fujita, Krugman, & Venerables, 2000):

- a) ¿Cómo habría que distribuir el suelo que rodea a una ciudad con el fin de minimizar los costos de producción y transporte? y,
- b) ¿Cuál es la distribución real del suelo en base a sus distintos usos?

En ese sentido, la primera e histórica respuesta la entrega, Johan Heinrich Von Thünen (Boix & Trullen, 2012) determina las bases un modelo de economía de localización, basándose en un modelo de renta agrícola y que posteriormente fue extendido a las ciudades y la ruralidad.

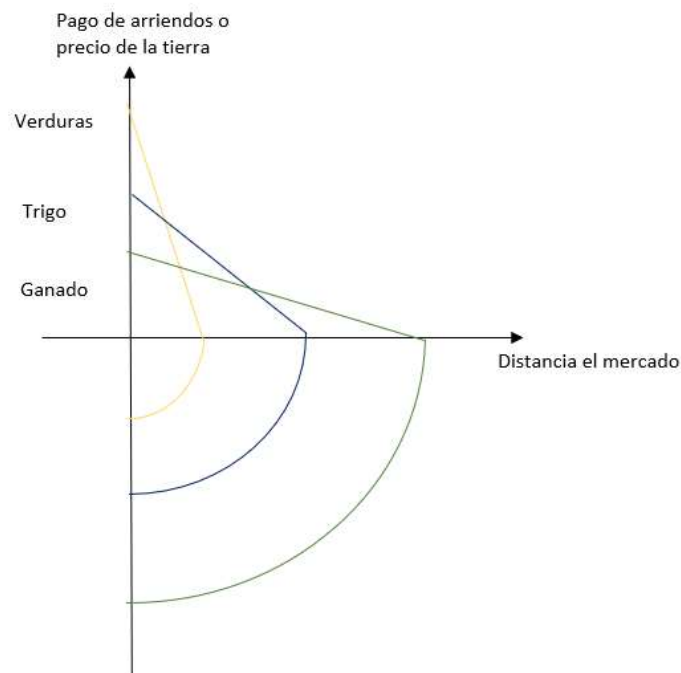


El mismo resume sus preguntas a las siguientes, en traducción de Marmolejo (Marmolejo, 2005): *“El problema que queremos resolver es el siguiente: ¿cuál es el patrón [espacial] de cultivos que es perfilado con esas condiciones?; y ¿cómo es afectado el sistema agrícola de los diferentes distritos por la distancia desde el pueblo?”* (Von Thünen, 1826).

Con un único centro de mercado y una vasta extensión agrícola a su alrededor que provee al mercado, con productos de precios de mercado diferenciados, donde los agricultores actuales racionalmente y por tanto compensan los costos de transporte con el tipo de cultivo y por tanto con la renta del suelo. Este modelo, denominado “de Von Thünen” se considera el ejemplo básico de ciudad o región con un solo centro (monocéntrico) (Camagni, 2005).

Este modelo considera la existencia de anillos, concéntricos (Figura 1) y cuenta como limitación más importante que se da por descontado que existe población y que el espacio carece de accidentes geográficos, siendo estos puntos la principal limitante del modelo (Krugman, 1997), al no auto organizarse y por ende no reflejar una ciudad que está en constante evolución.

Figura 1: Modelo de Von Thunen.



Fuente (Krugman, 1997)

Una vez llegada la revolución industrial, las ciudades aceleran los fenómenos de aglomeración de sus actividades, tanto en su centro como en su periferia, generando nuevas centralidades. Esta aglomeración se evidencia por la existencia de usos predominantes en algunos territorios y con un consiguiente esfuerzo de movilidad urbana por conectar este uso con el uso residencial. Con ello la estructura urbana, se puede analizar en base a varias hipótesis, (Richardson, 1973) (Roca Cladera, Manual de Valoraciones Inmobiliarias, 1986); la accesibilidad al Centro de

Negocios central, la cualificación urbanística del espacio urbano o teoría de sectores (Richardson, 1973) y la estructura de núcleos múltiples.

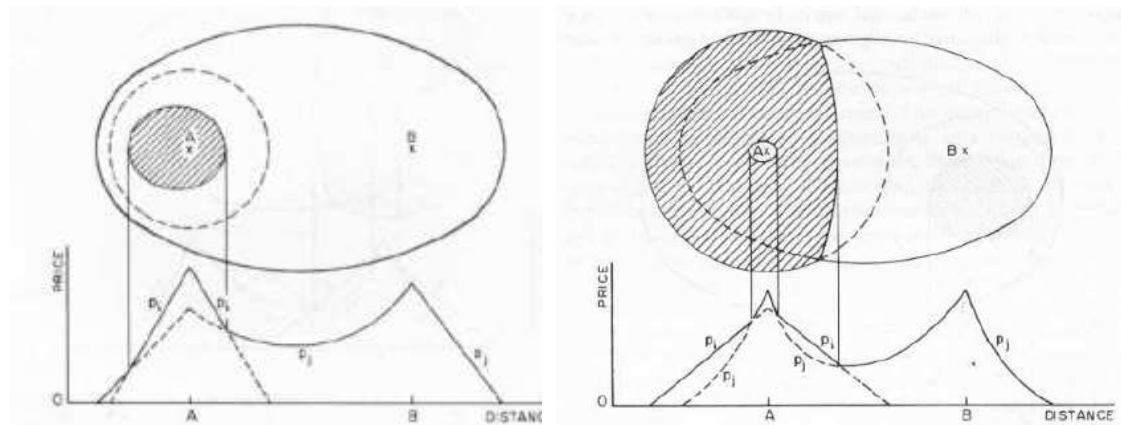
La accesibilidad al centro, es ampliamente discutida en el estado del arte, y se basa en la ampliación y actualización del modelo de Von Tünnen, a las ciudades modernas. Los trabajos de Alonso (Alonso W. , 1964), presentan un modelo de equilibrio general, donde se identifica el distrito de negocios central o CBD, y se observa una conformación funcional decreciente hacia la periferia, producto de un balance entre el costo del suelo, y por ende de la vivienda; y de transporte habitual (denominado commuting) entre la vivienda y el trabajo. Posteriormente Muth (Muth, 1969), conforma un análisis de la estructura de la residencia bajo el mismo principio.

La calificación urbanística o teoría de sectores se asocia al trabajo de Homer Hoyt (Hoyt, 1939), donde se analizan una hipótesis de desarrollo sectorial asociado a la capacidad de concentración de las diferentes clases sociales (Richardson, 1973). Roca en su defecto, complementa al determinar que los precios y por ende el acceso a distintas clases sociales, se basa en condiciones de cualificación física, urbanística del espacio urbano (Roca Cladera, Manual de Valoraciones Inmobiliarias, 1986), denominándolas externalidades urbanísticas.

### La estructura urbana subcentros, los centros y de empleo

Los múltiples núcleos (Richardson, 1973), tiene como idea básica, que las ciudades se conforman alrededor de diferentes núcleos, que interactuar entre sí. Estos tienen su origen en la integración de centros lejanos en una urbanización rápida al centro urbano, por ejemplo, o como nuevos centros que llenan en vacío entre dos ciudades. Estos núcleos en palabras de Richardson; reflejan cuatro factores principales: la interdependencia, entre algunas actividades; la tendencia que presentan algunas actividades a ser complementarias o afines como, por ejemplo; el comercio y las zonas de oficinas; un antagonismo locacional o exclusión de usos, por ejemplo, industria y vivienda de lujo; y el alto costo del suelo. En ese sentido, Roca (Roca Cladera, Manual de Valoraciones Inmobiliarias, 1986), establece que la segregación espacial o socio espacial, es una consecuencia de la competencia por los mejores espacios urbanos. En este punto Alonso, plantea en el apartado de la forma de las ciudades, que este proceso de competencia a una escala mayor al de la ciudad, puede generar núcleos de precios altos y por ende concentración de determinados usos de suelo (Figura 2).

Figura 2: Renta del suelo y patrones de localización a escala Inter ciudades.



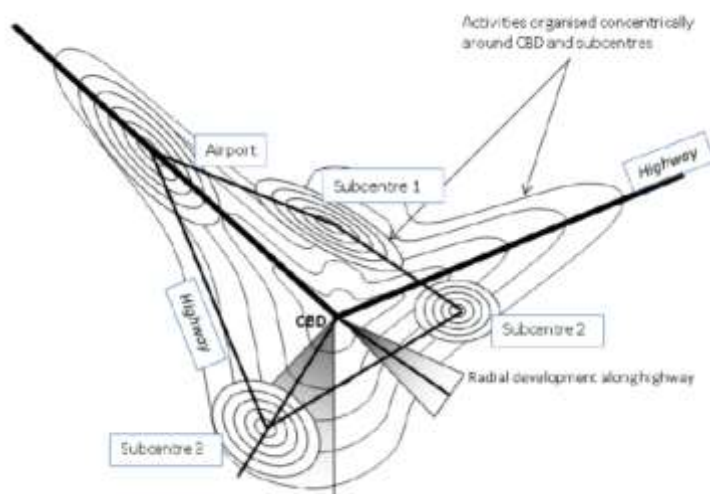
Fuente: (Alonso W. , 1964).

Esta misma estructura (Shearmur, 2018), revisitando el modelo de centralidad y bid rent de Alonso, casi 50 años después de su primera edición, identifica el aporte de los presupuestos de este último, en especial por la simpleza de la relación entre los lugares de trabajo y los de actividad económica en sus propias palabras:

“la actividad económica (y su creación de valor concomitante) tiene una ubicación. La actividad económica puede conceptualizarse de varias maneras: generalmente se entiende, al menos cuando se discute la estructura urbana, como una referencia a los establecimientos económicos y a los trabajadores vinculados a estos establecimientos” (traducción propia).

En ese sentido, un paradigma desarrollado ampliamente en la literatura, de forma empírica y teórica, ha sido la identificación de un CDB y subcentros (Figura 3), cada uno de los cuales interactúa con su zona de influencia local. Hay ejes, tanto radiales como concéntricos, a lo largo de los cuales también se organiza la actividad económica. Algunos de estos ejes estructuran corredores de actividad económica (Shearmur, 2018).

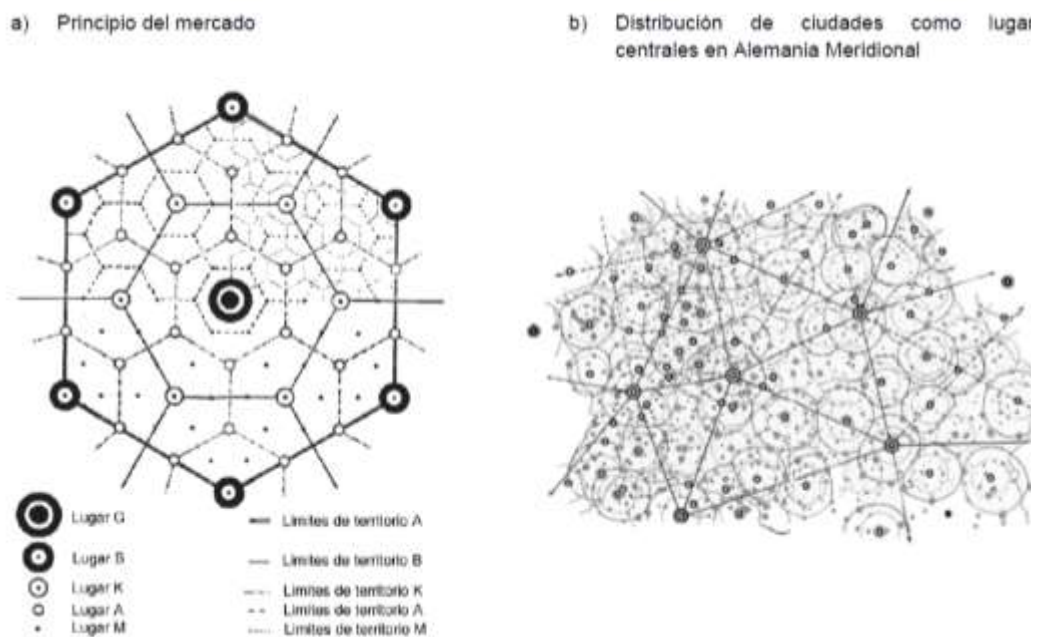
Figura 3: CBD y subcentralidades como modelo conceptual.



Fuente: (Shearmur, 2018).

A escala regional, o sea como sistemas de ciudades, uno de los análisis seminales de esta aglomeración, corresponde al trabajo de Weber (Capello, 2007), donde establece áreas de aglomeración, como resultantes de un equilibrio entre ciudades en base a un costo de transporte. Las aportaciones de Weber son las bases de las teorías de la localización industrial. Aquellas realidades fueron analizadas por Christaller y Lösch (Krugman, 1997) (Camagni, 2005), donde esta aglomeración cuenta con diferentes jerarquías respecto a sus actividades. Esto da paso a las estructuras de mercado, que empíricamente eran validables en Alemania meridional de los años 20 (Figura 4).

Figura 4: Las regiones de mercado en un sistema de lugares centrales.



Fuente: (Boix & Trullen, 2012).

Estos sistemas jerárquicos, presentan estructuras reconocibles y verosímiles en el ámbito metropolitano europeo, reconocidos como la teoría del lugar central. Esta teoría, desarrollada por August Lösch, en 1941, (Marmolejo, 2005), cuenta con una raíz eminentemente comercial y su trasfondo se apoya en el concepto de áreas de mercado, donde ocurre una confluencia espacial entre las regiones de oferta y demanda de bienes y servicio de producción/prestación común. Christaller (Marmolejo, 2005), (Capello, 2007) teoriza acerca de la jerarquía de los sistemas urbanos, tratando de cuantificar la influencia que ejercen en el área de mercado, estableciendo distintos niveles de lugares centrales, unos con mayor nivel que otros, estructurando un territorio más complejo, donde estas jerarquías le dan una estructura mayor al territorio. Lo anterior configura una forma de interacción coherente con los estudios de Bertaud, (Bertaud, 2002), donde las interacciones entre los centros de distintas jerarquía, articulan los viajes en la metrópolis, y esta interacción es pertinente para una definición del sistema urbano que tiene esa metrópolis desde una completamente monocéntrica y asociada a una atracción de viajes de todo el sistema a un mismo lugar central, a una de plena dispersión, donde los viajes no guardan un patrón determinado, siendo una ciudad dispersa (Marmolejo,

Aguirre, & Ruiz, ¿Hacia un sistema de metrópolis españolas policéntricas?: Caracterización de su estructura metropolitana.., 2010).

Anas, en su trabajo seminal del 1998 (Anas, Arnott, & Small, *Urban Spatial Structure*, 1998), plantea una discusión sobre los elementos que configuran las actuales ciudades policéntricas. En este trabajo plantea uno de estos núcleos, el denominado CBD (distrito de negocios central) y otros núcleos emergentes. Estos territorios son conocidos como centros y subcentros, representan elementos estructurales de la vida urbana de una ciudad, tanto por su atracción y generación de viajes cotidianos, como por la influencia en la densidad de empleo localizado, además del aumento en los precios inmobiliarios. Muestran una jerarquía consecuente con las actividades que generan y, por tanto, pueden ser caracterizados.

El análisis de Anas (Anas & Kim, *General Equilibrium Models of Polycentric Urban Land*, 1996), permite establecer los elementos de esta discusión: “Un modelo policéntrico razonablemente tratable puede basarse en el supuesto de que la producción y los usos residenciales pueden ocurrir en todas partes en un espacio inicialmente sin rasgos distintivos, pero que se vuelve interdependiente por el consumo, decisiones de viaje relacionadas de los consumidores y los vínculos interindustriales entre las empresas. Los consumidores valoran el acceso no solo a los trabajos sino también a las compras, los centros y productores valoran el acceso a otros productores, a la mano de obra y a clientes. La ubicación de la producción y, por lo tanto, de los empleos es endógena es la ubicación de las residencias y, por lo tanto, del trabajo. El modelo presentado aquí determina las condiciones bajo las cuales el empleo, como la tierra residencial de uso, se dispersa en todo el espacio urbano y una serie de condiciones bajo ella que se agrupan en un número discreto de subcentros. Una ciudad monocéntrica surge como la agrupación total de puestos de trabajo”.

(Roca,, Moix, & Arellano, 2012), por su parte, en el trabajo sobre los sistemas urbanos españoles, identifican que estos cambios o sectores no serían explicados por un modelo estándar, si no por un modelo que capte la creciente dispersión de la actividad económica. Esta descentralización es la resolución de un equilibrio precario entre las fuerzas centrípetas y centrifugas del CBD en un contexto de congestión. Esta resolución al equilibrio, descentraliza parte de la actividad económica en zonas donde se presenten economías de la aglomeración, que empezarán a conformar un subcentro. Sin embargo, esto se debe acotar a las metrópolis que puedan ser definidas por una estructura más compleja, donde el problema basal es identificar cual es la delimitación de la metrópoli. Complementando lo anterior, (Olivares & De Paolini, 2011), después de analizar diferentes epistemologías y análisis de las zonas metropolitanas, concluyen que, para la zona Puerto Vallarta, los patrones espaciales de empleo y servicios, el número y tamaño de los mismos, la tipología y la imagen vinculada, permite establecer las áreas de interacción que permiten identificar sus grados de policentrismo.

En el caso de una metrópoli tradicional, se entenderá por un subcentro un punto en el espacio metropolitano caracterizado no solo por tener una densidad de trabajadores sensiblemente superior a la de sus vecinos, sino, por ser capaz de ejercer una influencia sobre su entorno. Dicha influencia puede verse reflejada mediante el flujo de trabajadores o compradores que acuden a él desde sus residencias, o por una modificación del manto de valores y de intensidad de uso del

territorio alrededor de él. Un subcentro también debería ser un punto de referencia en el territorio con una fuerza identitaria tal, capaz de ser reconocible por su vecindario.

Bertaud (2002), plantea las diferencias entre las ciudades monocéntricas y policéntricas dependerán del nivel de reemplazo o sustitución en los destinos de los patrones de viajes obligados, y que ninguna ciudad es 100% monocéntrica ni 100% policéntrica. En un intento de clasificación define de forma teórica, en cuatro grandes estadios las realidades metropolitanas:

- 1.- Una ciudad con preponderancia del CBD y sin subcentros identificables, la mayoría de los viajes se concentran desde la periferia hacia el CBD. Esta categoría sería la ciudad monocéntrica.
- 2.- Una ciudad donde el CBD y los subcentros ejercen lazos de fuertes de atracción de trabajadores y existe atracción de los subcentros entre sí, pero en menor grado (Urban Village, ideal de planeación).
- 3.- Una ciudad basada en un sistema policéntrico equipotencial, donde no existe una preponderancia del CBD respecto a los subcentros, ni entre estos últimos. Esta categoría sería la ciudad policéntrica.
- 4.- Una ciudad a medio camino entre las monocéntricas y las policéntricas. Este modelo corresponde a jerarquías no bien definidas, ya que el CBD mantiene su jerarquía atrayendo los viajes, pero los subcentros también compiten con él, aunque no de forma equipotencial.

Los procesos de emergencia del policentrismo, (Anas, Arnott, & Small, Urban Spatial Structure, 1998) provienen de varias vertientes, por un lado, la estructura espacial de las ciudades modernas se configuró, en gran medida, por los avances en el transporte y comunicación, siendo especialmente pertinentes en las ciudades anglosajonas. En cambio, las ciudades de Europa occidental han evolucionado de forma algo diferente. Siendo mucho más antiguas, muchos todavía tienen centros que comenzaron como pueblos medievales. Hay una mayor mezcla de residencias y negocios en el núcleo, posiblemente debido a los ricos servicios culturales allí. Los edificios de apartamentos son más comunes y el transporte público más importante, sin embargo, como en las ciudades de América del Norte, ha habido sub urbanización masiva y la aparición de ciudades periféricas.

Siguiendo esa línea, el demógrafo A.G. Champion (Champion, 2001) plantea que existe una relación entre los cambios demográficos, propios de la segunda mitad del siglo XX, que son los elementos que estarían gatillando la emergencia de nuevas centralidades. Asimismo, plantea en las conclusiones de su trabajo, que la región urbana está evolucionando lejos de su tradicional estructura monocéntrica, a una nueva policéntrica, empujada principalmente por los cambios demográficos, tales como envejecimiento de la población, aumento de la población urbana, necesidades de bienes públicos y centrales. Lo anterior, después de establecer la dificultad

metodológica no solo de identificar el área urbana policéntrica, si no, además, la capacidad de establecer o validar efectivamente los subcentros de un sistema urbano.

En esa línea, Anas, (Anas, Arnott, & Small, *Urban Spatial Structure*, 1998), plantea que existen varios elementos a tener en cuenta para el proceso de identificación de subcentros:

- (i) Los subcentros son prominentes tanto en las ciudades nuevas como en las antiguas.
- (ii) El número de subcentros y sus límites son bastante sensibles a la definición.
- (iii) Los subcentros a veces están dispuestos en corredores.
- (vi) La mayoría de los trabajos son centros externos.
- (v) Los subcentros no han eliminado la importancia del centro principal.
- (vi) La mayoría de los trabajos son centros externos.
- (vii) El desplazamiento no está bien explicado por los modelos urbanos estándar, ya sea monocéntricos o policéntricos.

Sin embargo, dentro de la familia de los métodos basados en el análisis de la densidad, mayoritarios en el estado del arte, se han invertido enormes esfuerzos en el desarrollo de métodos de detección de subcentros basados en procedimientos estadísticos que progresivamente han ido ganando complejidad y aparataje matemático, con el fin de obtener resultados que se consideran más fiables, ya que muestran de forma más explícita la aglomeración de trabajadores, como singularidades en el territorio. Poca o nula atención ha recibido el propio objeto de análisis, es decir la naturaleza de la densidad de la actividad económica, medida mediante el empleo.

En este sentido una de las principales críticas radica es su tratamiento agregado. Dicha simplificación no permite distinguir la densidad que se genera por los trabajadores que llegan desde otros municipios o zonas (commuters), de aquella densidad que se genera por la población ocupada que se queda a trabajar en el mismo municipio (resident workers); por esta razón no se puede, mediante este tratamiento agregado, distinguir los municipios que son densos porque atraen un flujo importante de trabajadores pero a la vez retienen una cuantía importante (subcentros maduros que estructuran el territorio), de aquellos que son densos sin atraer prácticamente flujos (accidentes de densidad sin relaciones estructurantes con su alrededor) ni de aquellos que son densos sin tener o retener a su población ocupada residente, como se discutirá más adelante.

Desde una perspectiva urbana, se espera que los subcentros, no sólo sean concentraciones de empleo (incluidos aquellos entornos cuya densidad se debe a la importación de trabajadores), sino que sean verdaderas alternativas, aun cuando modestas o secundarias, al centro metropolitano, tal y como lo ha sugerido McMillen (2003) “los subcentros grandes podrían parecerse enormemente al CBD, con miles de empleos en una amplia variedad de sectores”; y McMillen (2001) “la diversidad de los tipos de empresas puede ser inferior a la del centro, pero en los subcentros grandes a veces se parece a la diversidad del CBD”. En este sentido, un

subcentro metropolitano, además de ser una concentración de empleo, debería reunir ciertas características tales como:

- Diversidad de su estructura económica, es decir, tendrían que ser entornos ricos en información propicios para la generación de redes complejas de cooperación, complementariedad y competencia (Rueda, 1996, 1998 y 2002). Diversidad entendida como complejidad, es decir, como un indicador del conjunto de variables discretas con contenido significativo de información, de su abundancia respectiva y de sus interacciones (Margalef, 1991).
- Concentrar actividades centrales tales como el comercio al detalle y aquellas basadas en oficinas, es decir actividades capaces de establecer relaciones de jerarquía a escala territorial (Nel-lo, 1998), y por tanto establecer vínculos territoriales en la prestación de servicios y en la distribución de productos cualitativamente diferenciados (Berry, 1958).
- Contener, además de actividad económica, residencia, y sobre todo ser capaces, por su atractivo y diversificación económica, de retener a parte de sus residentes ocupados, por tanto, ser doblemente atractivos como lugar de residencia y como lugar de trabajo.

Como se ve, estas características son consustanciales al concepto de subcentro metropolitano dentro del *paradigma de las metrópolis de la Europa mediterránea*; el cual está sideralmente alejado del norteamericano (Dematteis, 1998) en dónde han sido acuñados los métodos para detectar subcentros. Especialmente si atendemos al hecho, que una buena parte de los subcentros metropolitanos en Europa son fruto de la integración metropolitana de antiguas ciudades originalmente independientes en términos funcionales (Muñiz *et al.*, 2003).

En contraposición, un ámbito que carezca de las características anteriores, tal y como un polígono industrial, o una simple concentración de oficinas, difícilmente podría ser aceptado como un subcentro metropolitano, en el paradigma urbanístico en cuestión, aunque no podría negarse su papel como subcentro de empleo<sup>1</sup>. Por tanto, una simple concentración de empleo estaría más próxima al concepto de lo suburbano que al de urbano (Keating, 2001; Duany & Plater-Zyberk, 2000), es decir a la urbanización carente de capacidad para estructurar el territorio. Sería lo que Salvador Rueda (1998, p. 83) ha llamado “un estado de organización simplificado, pero con un elevado consumo de recursos”, un estado con un escaso nivel antrópico.

En todo caso, el concepto de ciudad en el límite de Garreau (1991) podría acercarse más a lo que conceptualmente se entiende como subcentro metropolitano emergente<sup>2</sup>; es decir, un ámbito, no central, en dónde a pesar de que existe una mayor concentración de empleo, que no es una zona de residencia, es diverso, por cuanto combina actividades calificadas basadas en oficinas,

---

<sup>1</sup> Aunque, como McMillen (2003) lo ha documentado para el caso de Chicago (1970-2000), los subcentros de empleo, originalmente monoespecializados tienden, con el paso del tiempo, a diversificar su estructura económica asemejándola a la del conjunto metropolitano.

<sup>2</sup> El propio Garreau es consciente de que existen ciudades en el límite con una formación histórica anterior a la era industrial a las que llama “uptowns”.



con centros de consumo, incluidos bienes y servicios especializados como los culturales (p.e. galerías de arte), y sobre todo, que tiene el carácter que la hace perceptible como “lugar” en el sentido que lo definen Silvestro y Roca (2007)<sup>3</sup>. La ciudad en definitiva depende de la existencia de lugares cualificados de simultaneidad y encuentro (Lefebvre, 1969).

En la literatura la densidad de empleos se calcula dividiendo el número de personas ocupadas, o lugares de trabajo localizados (LTL) entre la superficie (generalmente la realmente urbanizada o superficie neta sin distinguir el suelo que efectivamente ocupan las empresas). Como se ha dicho, esta forma agregada de calcular la densidad hace que el método pierda información valiosa que, como se verá más adelante, podría permitir distinguir diferentes tipos de subcentros de empleo. En concreto, un tratamiento diferente de la densidad podría ayudar a diferenciar a aquellos subcentros metropolitanos del resto que, por su naturaleza y en función de la postura expuesta en el apartado anterior, cumplen sólo la función de concentraciones de empleo.

## La estructura urbana y los subcentros

Si bien existen diversas definiciones de subcentros y centros, el paradigma actual de los sistemas urbanos metropolitanos se encuentra abismalmente alejado del modelo monocéntrico, generando de por sí concentraciones de trabajadores en diversos puntos del espacio urbano vertebrando una estructura más compleja. En ese sentido, el diagnóstico de (Aguirre & Marmolejo, 2011), concluye lo siguiente.

- a) el CBD<sup>4</sup> no suele concentrar la mayor cantidad del empleo metropolitano, y
- b) el resto del empleo o bien se encuentra disperso o bien aglomerado en subcentros cuya potencialidad de atracción resulta diferencial.

La progresiva aparición y consolidación de sistemas complejos, en parte dispersos y en parte policéntricos, ha sido pues, la línea de desarrollo urbano de las últimas décadas del siglo XX.

Entenderemos, por tanto, el policentrismo, (Anas, Arnott, & Small, *Urban Spatial Structure*, 1998) como la estructuración de una ciudad<sup>5</sup> donde los trabajadores no están concentrados en un único territorio, si no, distribuidos en varios núcleos, que articulan el territorio en base a la

---

<sup>3</sup> Un subcentro metropolitano por tanto tendría que ser un lugar en el sentido estricto de su acepción filosófica. Silvestro y Roca (2007) sostienen, basados en los trabajos de Caturelli, que el lugar por antonomasia es el hogar y sólo en un segundo momento lógico lo serían las calles que lo rodean, el barrio en el que se inscribe y la ciudad en su conjunto, por tanto, los espacios que están llamados a ser vividos como extensiones de su corporeidad y, por tanto, como extensiones del hogar. Es precisamente por esta razón por la cual una simple concentración de empleo no puede ni debe considerarse como subcentro metropolitano si no ofrece las suficientes garantías de que no solamente la faceta laboral de las personas puede ser cubierta, sino que trascienda a otras esferas de la propia existencia humana, tanto desde la perspectiva espiritual como la corpórea.

<sup>4</sup> El distrito de negocios central.

<sup>5</sup> Al igual que Anas, et al., “ciudad o metrópolis” (Anas, Arnott, & Small, *Urban Spatial Structure*, 1998).

movilidad, los precios del suelo y la densidad de empleo. Estos núcleos se denominan subcentros. Una propuesta de definición de subcentro es:

“Un subcentro es un punto en el espacio metropolitano caracterizado no solo por tener una densidad de trabajadores sensiblemente superior a la de sus vecinos sino y, sobre todo, por ser capaz de ejercer una influencia sobre su entorno. Dicha influencia puede verse reflejada mediante el flujo de trabajadores o compradores que acuden a él desde sus residencias, o por una modificación del manto de valores y de intensidad de uso del territorio alrededor de él. Un subcentro también debería ser un punto de referencia en el territorio con una fuerza identitaria tal capaz de ser reconocible por su vecindario.” (Aguirre & Marmolejo, 2011).

Sin embargo, la estructuración de las ciudades, ha presentado a lo largo de la historia al menos cuatro enfoques distintos, acordes a disciplinas que observan un fenómeno complejo desde distintos ángulos a veces contradictorios o complementarios. Este problema epistemológico, es heredero de la investigación urbana como acercamiento disciplinar o multidisciplinar. Esta investigación, busca establecer un marco integrado e indisciplinado para analizar el fenómeno, estableciendo canales de conexión entre las principales líneas teóricas y tratar de integrar algunos elementos de forma de obtener métricas más robustas o pertinentes, para abordar la identificación, validación de los subcentros en una realidad metropolitana y estimar sus efectos.

### Líneas epistemológicas de acercamiento al Policentrismo

La realidad urbana se encuentra siempre en un margen multidisciplinario, en ese sentido, los acercamientos nacen desde varias vertientes. Intentando dar una explicación para este proceso, Lefebvre (Lefebvre, 1991) plantea que el espacio urbano, se genera en base a una “tríada conceptual”, que se resumen en las practicas, lo concebido y lo representado (Torres, 2016).

1- Prácticas espaciales (el espacio percibido): abarca la producción y la reproducción, los lugares concretos y las características de los conjuntos espaciales de cada formación social. Aseguran la continuidad y cierto grado de cohesión. En términos de espacio social, y de cada miembro de la relación de una sociedad dada a ese espacio, esta cohesión implica un nivel garantizado de competencia y un nivel específico de rendimiento.

2- Representaciones del espacio (el espacio concebido): están vinculadas a las relaciones de producción y al "orden" que imponen esas relaciones y, por lo tanto, al conocimiento, a los signos, a los códigos y a las relaciones "frontales". “Espacio conceptualizado, el espacio de los científicos, de los planificadores, urbanistas, técnicos e ingenieros sociales (...) quienes identifican lo que es vivido y percibido con lo que es concebido” (Lefebvre, 1991:38). Se trata del espacio dominante en cualquier sociedad (o modo de producción) y es fundamental su influencia en el proceso de producción del espacio y en la actividad productiva de la sociedad.

3- Espacios de representación (el espacio vivido): incorporan simbolismos complejos, a veces codificados, a veces no, vinculados al costado clandestino o marginal de la vida social, como también al arte. Los espacios de representación producen, generalmente, resultados simbólicos.

Si adoptamos esta tríada como base epistemológica, podemos hipotetizar cual o cuales de los elementos están involucrados en la discusión de la estructura urbana y del policentrismo; por ejemplo, las practicas espaciales, se enraízan en la conformación de un barrio, guardan relación con las condiciones espaciales de movilidad cotidiana (vivienda -trabajo, vivienda -comercio o vivienda esparcimiento). Por otro lado, lo concebido, es el esfuerzo de modelar, explicar y producir un espacio desde la teoría o desde la sistematización de datos empíricos. Y por último la representación, que es lo simbólico que está detrás de la percepción y representación del espacio urbano, esta representación, logra plasmar en un símbolo, obra de arte y otro medio, fenómenos sociales complejos y que las dos líneas anteriores no son capaces de captar, ni medir de forma eficiente.

El mismo Lefebvre (Lefebvre, 1991), plantea que la ciudad no es ninguno de estos elementos por separado, si no una visión integrada de los elementos de la tríada con la complejidad disciplinar de integrarlos.

Por tanto, que el acercamiento epistemológico a la estructura urbana policéntrica o policentrismo, es una discusión aun no zanjada y que al menos responde a cuatro líneas identificadas por Boix (Boix & Trullen, 2012); el policentrismo morfológico, el dinámico, el que se basa en el equilibrio o no de un sistema, y por último el que le entrega otros nombres a la misma realidad dependiendo de la escala de análisis a la cual se haga referencia. Aun así, esta estructura logra formar un corpus teórico que permite definirla como un programa de investigación.

De Ureña (de Ureña, Pillet, & Marmolejo, 2013), por su lado, establece una taxonomía, compuesta por dos grandes cercamientos metodológicos, los teóricos y empíricos, segmentando estos últimos en líneas de investigación, en base al propósito y criterios que utilizan, proponiendo además una clasificación geográfica acorde a la naturaleza del territorio en el cual han desarrollado sus marcos empíricos. Según de Ureña (de Ureña, Pillet, & Marmolejo, 2013), los teóricos se basan en la existencia de un comportamiento racional y económico de los actores y mediante métodos numéricos y algebraicos prueban la existencia de realidades policéntricas. En contrapunto se encuentran los empíricos, quienes buscan establecer mediante el análisis económico y geográfico, las estructuras de las ciudades y los efectos que tiene el policentrismo en ellas.

Volviendo a los referentes epistemológicos, la complejidad de la ciudad, hace imposible establecer cuál de las familias definidas logra abarcar y parametrizar de mejor manera la estructura urbana en ciudades policéntricas. En este sentido, se pretende establecer una comparación de estos buscando sus convergencias y divergencias asociadas principalmente a las ideas fuerza que subyacen en ellas.

## Análisis de los modelos de identificación existentes

Diferentes autores han desarrollado análisis sobre las familias de métodos de identificación de subcentros urbanos, sin embargo, cada una de ellas ha aportado nuevamente con la incorporación de más condiciones o nuevas familias. MC Millen (2003), explicita que no es necesariamente fácil identificar los subcentros de antemano, ya que se conjugan varias variables difíciles de sintetizar en un análisis.

En ese sentido, la pregunta central e inicial es “¿Que es un subcentro?” y sobre qué sistema de conceptos estamos navegando para definir el tipo y los niveles de análisis necesarios para su identificación. Por ejemplo, McMillen y McDonalds (2001), definen un subcentro en base a dos parámetros propios de la densidad de trabajadores:

- 1.- Un punto singular de densidad.
- 2.- Que ejerce una influencia en la densidad de su entorno.

Estos parámetros establecen una relación funcional de los lugares de trabajo, obviando la existencia de ciudades dormitorio y en su defecto, subcentros donde sus densidades de trabajadores comerciales industriales o profesionales, cambien y se transpongan los tipos de trabajadores, siendo zonas de servicio y residencia y no necesariamente una zona donde se establezcan como subcentros.

Ante eso, Roca (2007) agrega un corolario a esta definición incluyendo una función de vertebración en un sistema territorial. O sea que fuera de ser un punto singular y contar con una influencia en los sectores aledaños, debe ser capaz de conformar un punto relevante en términos de la estructura de viajes, residencia y mercados inmobiliarios. En ese sentido, es posible que se establezcan incluso factores socioculturales para definir un subcentro, como por ejemplo la pertinencia o identidades de los habitantes o trabajadores de un lugar o municipio.

Estas definiciones han estado subyacentes al fenómeno y de hecho se han hecho parte de los significativos intentos de establecer una identificación certera de subcentros. Así, las aproximaciones se pueden resumir en dos grandes familias en base a los parámetros con que identifican a los subcentros, las que trabajan con la densidad de trabajadores, o población, y sus derivaciones; y por otro lado las que trabajan con la movilidad o los flujos de trabajadores. Si bien ambas son caminos convergentes, ya que dan cuenta del mismo fenómeno, las aproximaciones han sido diferentes.

Muñiz (2003), presenta un primer acercamiento completo a una taxonomía de métodos de identificación (Tabla 1 y 2), los cuales, han sido tratados desde el criterio a utilizar para su identificación. Tratando, con el mismo nivel de desagregación, las estimaciones basadas en la densidad y en la movilidad de un territorio de forma equivalente. Es quizás su principal debilidad, al mostrar la igualdad de condiciones entre los modelos de movilidad, basadas en los flujos de commuting y las densidades de viajes, con los métodos basados en los residuos de regresiones

paramétricas o no paramétricas e incluso espaciales. Si bien esto no es un error heredable a la identificación, o sea no lleva a identificaciones poco eficaces, es importante destacar que una hipótesis de identificación debería estar basada en las diferentes dimensiones del análisis, y, de hecho, debe ser capaz de dar respuesta a las hipótesis que subyacen en la idea de un subcentro.

McMillen (2002), afirma que las ciudades ya no son monocéntricas, por lo cual los modelos basados en Alonso y Muth, deberían ser revisados y revisitados desde sus supuestos básicos. Establece una agrupación de los métodos de identificación de subcentros, entre los tradicionales y los semi paramétricos. En los primeros, trata ampliamente los de umbrales y residuos, tanto en su forma paramétrica como no paramétrica. En los segundos, los semi paramétricos, incorpora desde el trabajo de Robinson (1988), un método que consta de dos pasos:

- 1) La generación de una regresión ponderada localmente (LWR o GWR), el análisis de sus residuos, y
- 2) después la comprobación del aumento de los valores de la regresión, al incorporar el factor de distancia a los subcentros.

Influencia de los subcentros metropolitanos en la estructura de los valores inmobiliarios y nuevos métodos de identificación de centralidades

Tabla 1 Clasificación de métodos de identificación según Muñiz 2003.

Metodología	Trabajo	Variable	Criterio	
<b>A priori</b>	Greene (1980) Griffith (1981)	Medidas oficiales	Subcentros propuestos por alguna agencia oficial	
	Erickson (1986) Martori y Suriñach (2002)	Población	Tamaño mínimo de población	
	Baerward (1982) Erickson y Gentry (1985) Muñiz et al (2003)	Ubicación de Lugares de transporte	Polos en nodos de transporte	
	Dunphy (1982) Scott (1988) Cervero (1989)	Densidad de empleo, población factores urbanos, etc.	Estudios de casos con batería indicadores	
	Bender y Kwang (1985) Heikkila et al (1989) Dowall y Treffeisen (1991) Shukla y Waddel (1991)	Densidad de empleo Densidad de población	Propuesta de candidatos a priori y validación mediante significancia estadística de función de densidad de empleo o población	
	<b>Flujos de movilidad</b>	Bourne (1989)	Flujos de commuting	Inspección visual
		Burns et al (2001)	Saldo viajes residencia-trabajo	Saldo neto positivo
		Clark y Kuijpers-Linde (1994) Gordon y Richardson (1996)	Densidad de generación de viajes	Áreas con una densidad de generación de viajes > 0.8 desviación estándar
	<b>Umbral</b>	Guliano y Small (1991)	Densidad de empleos	D empleo > 25 empleos/hec Empleos > 10.000
		Song (1994)	Densidad de empleos	D empleo > 37 empleos/hec Empleos > 35.000
Cerveró y Wu (1997)		Densidad de empleos	D empleo > 17 empleos/hec Empleos > 10.000	
McMillen y Mcdonals (1997)(1998)		Densidad de empleos	D empleo > 25 empleos/hec Empleos > 10.000 Gradiente desde subcentro, negativa y significativa	
Bogart y Ferry (1999))		Densidad de empleos	D empleo > 20 empleos/hec Empleos > 10.000	
Andreson y Bogart (2001)		Densidad de empleos	D empleo > 20 empleos/hec Empleos > 10.000	
Shearmur y Coffey (2002)		Densidad de población	Empleo > 5000 Empleo/población > 1	
McMillen y Lester (2003)		Densidad de empleos	De=15 empleos/acre L=10000	

Fuente: Elaboración propia en base a Muñiz, I. "Barcelona: Ciudad Policéntrica", Working Paper, Universidad Autónoma de Barcelona 2003.

Tabla 2: Clasificación de métodos de identificación según Muñiz.

Metodología	Trabajo	Variable	Criterio
<b>Picos</b>	McDonald (1987)	Densidad de empleo y población	Dos indicadores: Densidad bruta ocupación y ratio empleos-población
	McMillen (1996)	Densidad de empleo y población	Estimación no paramétrica (LWR)distribución densidad bruta de empleo
	Craig y Ng (2001)	Densidad de empleo y población	Estimación no paramétrica (QSS) Distribución densidad bruta empleo
	Muñiz et al. (2003)	Densidad de empleo y población	Óptimo local función de densidad Cubic Spline
	Muñiz et al. (2003)	Densidad de empleo y población	Efecto significativo del candidato en el gradiente de la población
<b>Residuos</b>	McDonald y Prather (1994)	Densidad de empleo y población	Función exponencial negativa y residuos positivos significativamente >0
	McMillen (2001)	Densidad de empleo y población	Estimación no paramétrica (LWR) y residuos positivos
	McMillen (2003)	Densidad de empleo y población	Estimación no paramétrica (LWR) y residuos positivos
	McMillen y Smith (2003)	Densidad de empleo y población	Idem McMillen (2002), pero verificando subcentros mediante modelo Poisson
<b>Econometría Espacial</b>	Baumont y Le Gallo (2004)	Densidad de empleo	Índices de Moran anormales en Análisis LISA
	Guillam (2004)	Densidad de empleo y población	Índices de Moran Local y Total

Fuente: Elaboración propia en base a Muñiz, I. "Barcelona: Ciudad Policéntrica", Working Paper, Universidad Autónoma de Barcelona 2003.

Posteriormente el mismo McMillen (2003), plantea una clasificación en dos ámbitos, uno de conocimiento empírico previo a la identificación, un segundo asociado a métodos con mayor rigor estadístico, donde incorpora los cortes en umbrales de densidad al mismo nivel que los basados en las regresiones paramétricas y no paramétricas. En ese sentido, explícitamente hace mención a las ventajas de los umbrales definidos por Gulianno y Small (1991), dado que, al combinarlo con un conocimiento de la realidad metropolitana a analizar, es más eficaz.

Cabe destacar que en aquel estudio el objetivo era incorporar efectos temporales, su discusión del caso de Chicago del 1970 a 2020 (McMillen y Lester, 2003), donde el modelo de umbrales es particularmente útil por su facilidad de utilización para una zona donde el corte del umbral es conocido.

En ese caso (McMillen, 2003b), utiliza series de Fourier para descomponer las series de valores de densidad y precios, con miras a agudizar los valores de los subcentros como puntos anómalos a una función monocéntrica, obteniendo aumentos de sus ajustes, expresados en aumento de los coeficientes de Pearson al cuadrado y ajustados, respecto a las regresiones iniciales. En ese sentido, cabe destacar que en algunos de sus trabajos posteriores (McMillen, 2003b y McMillen y Lester, 2003b), mejora este indicador, colocando valores inversos y cuadrados inversos de las distancias a los subcentros.

Influencia de los subcentros metropolitanos en la estructura de los valores inmobiliarios y nuevos métodos de identificación de centralidades

Cabe destacar que tanto Muñiz como McMillen, no incorporan condiciones de movilidad o interacción entre los diferentes territorios analizados al aplicar su análisis. En contrapunto, para el análisis de los subcentros de la región metropolitana de Barcelona, Roca, Marmolejo y Moix (2007), identifican cinco líneas metodológicas para la generación de candidatos a subcentros (tabla N°3), a la cual agregan la generación de protosistemas urbanos, en base a la máxima interacción entre ellos, rescatando a Gordon y Richardson (1986) y basados en el índice de interacción de Coombes y Openshaw (1982).

Además, con el objeto de medir la eficiencia de los modelos y establecer las comparaciones con los métodos identificados en la literatura, incorpora Muniz el cálculo de mantos de densidad e interacción de los sistemas identificados densidad de la misma forma de McMillen (2004) y la generación de tres índices que muestran la movilidad de cada sistema de subcentros. En esa línea concluyen que no se ha establecido una comprensión efectiva del fenómeno del policentrismo urbano, y como éste se articula en base a los mercados de trabajo y empleo.

Tabla 3: Clasificación de métodos de identificación según McMillen.

Metodología	Trabajo	Variable	Criterio
<b>A priori</b>	Bender y Kwang (1985)		
	Heikkila et al (1989)	Densidad de empleo	Propuesta de candidatos a priori y validación mediante significancia estadística de función de densidad de empleo o población
	Dowall y Treffeisen (1991)	Densidad de población	
	Shukla y Waddel (1991)		
<b>Procedimientos</b>			
<b>Objetivos</b>	Guliano y Small (1991)	Densidad de empleos	D empleo > 25 empleos/hec Empleos > 10.000
	McMillen y MDonals (1997)(1998)	Densidad de empleos	D empleo > 25 empleos/hec Empleos > 10.000 Gradiente desde subcentro, negativa y significativa
	McDonald (1987)	Densidad de empleo y población	Dos indicadores: Densidad bruta ocupación y ratio empleos-población
	McMillen (1996)	Densidad de empleo y población	Estimación no paramétrica (LWR) distribución densidad bruta de empleo
	Craig y Ng (2001)	Densidad de empleo y población	Estimación no paramétrica (QSS) Distribución densidad bruta empleo
	McDonald y Prather (1994)	Densidad de empleo y población	Función exponencial negativa y residuos positivos significativamente > 0
	McMillen (2001)	Densidad de empleo y población	Estimación no paramétrica (LWR) y residuos positivos
	McMillen y Smith (2003)	Densidad de empleo y población	Idem McMillen (2002), pero verificando subcentros mediante modelo Poisson
	Baumont y Le Gallo (2004)	Densidad de empleo	Índices de Moran anormales en Análisis LISA

Fuente: Elaboración propia en base a McMillen (2001) y McMillen, (2003).



Tabla 4: Clasificación de métodos de identificación según Roca, 2007.

<b>Metodología</b>	<b>Trabajo</b>	<b>Variable</b>	<b>Criterio</b>
<b>Picos de densidad de empleo en zonas contigua</b>	McDonald (1987)	Densidad de empleo y población	Dos indicadores: Densidad bruta ocupación y ratio empleos-población
	McDonald y Mc Millen (1990)	Densidad de empleo y población	Identificación de picos de densidad mediante SIG
	Gordon Y Richarson (1986)	Flujos de commuting	Significancia de la movilidad de los subcentros
<b>Umbrales</b>	Guliano y Small (1991)	Densidad de empleos	D empleo >25 empleos/ha Empleos >10.000
	Greene (1980)	Densidad de empleos	Densidad mayor al doble de la media
	Song (1994)	Densidad de empleos	D empleo>37 empleos/ha Empleos >35.000
	Cerveró y Wu (1997)	Densidad de empleos	D empleo>17 empleos/ha Empleos >10.000
	McMillen y McDonals (1997)	Densidad de empleos	D empleo>25 empleos/ha Empleos >10.000 Gradiente desde subcentro, negativa y significativa
	Bogart y Ferry (1999))	Densidad de empleos	D empleo>20 empleos/ha Empleos >10.000
	Andreson y Bogart (2001)	Densidad de empleos	D empleo>20 empleos/ha Empleos >10.000
	Shearmur y Coffey (2002)	Densidad de empleos Densidad de población	Empleo > 5000 Empleo/población > 1
	McMillen y Lester (2003)	Densidad de empleos	De=15 empleos/acre L=10000 LTL superior al 1% del sistema
	Garcia Lopez (2007)	Densidad de empleos	Densidad mayor a la media del sistema
	<b>Métodos paramétricos</b>	McDonald y Prather (1994)	Densidad, empleo y población
<b>Métodos no paramétricos</b>	McMillen y McDonals (1998)	Densidad de empleos	Estimación no paramétrica (LWR)distribución densidad bruta de empleo
	McMillen (2001)	Densidad de empleos	Estimación no paramétrica (LWR)distribución densidad bruta de empleo en dos etapas
<b>Flujos de movilidad</b>	Bourne (1989)	Flujos de commuting	Inspección visual
	Burns et al (2001)	Saldo viajes residencia-trabajo	Saldo neto positivo
	Gordon y Richardson (1996)	Densidad de generación de viajes	Áreas con una densidad de generación de viajes> 0.8 desviación estándar
	Aguilera (2005)	Flujos de commuting	Atracción del 85% del sistema

Fuente: Elaboración propia en base a Roca, Moix, Marmolejo, (2007).

Una alternativa a la densidad “normal” de la literatura consiste en descomponer los LTL en sus dos componentes, es decir, analizar por una parte la densidad de flujos de entrada (FE), y por otra, la densidad de los y las trabajadoras que se quedan a trabajar en su municipio o “resident workers” (RW) (Aguirre, 2008). Nótese que la suma de FE y RW son los LTL totales. En este sentido podría decirse que cuanto mayor es, en términos proporcionales, el FE más es la capacidad de atracción de flujos de trabajadores; y cuanto mayor son los RW, *en términos proporcionales en relación a los LTL*, mayor es la capacidad de un municipio para retener a sus propios residentes ocupados. Desde una perspectiva conceptual se podrían distinguir 3 tipos de subcentros:

1. Los municipios cuya densidad se origina fundamentalmente por los FE serían aquellos especializados en actividad económica, y con escasa población residente (p.e.: un municipio-polígono industrial o empresarial), o posiblemente aquellos con un desfase entre la actividad económica y el perfil ocupacional de sus residentes. Difícilmente se puede considerar como subcentro *metropolitano* a este tipo de subcentros de empleo en el sentido argüido antes.
2. Los municipios cuya densidad se origina fundamentalmente por RW serían aquellos con escasos vínculos funcionales con su entorno, es decir, aquellos que por su alto nivel de autosuficiencia serían autónomos<sup>6</sup> y por tanto no importarían trabajadores. Tampoco se puede considerar como subcentro metropolitano a aquel que, aun siendo denso en términos de empleo, no genera relaciones funcionales.
3. Los municipios cuya densidad se origina por una combinación, relativamente compensada, entre los FE y los RW, serían aquellos: *a) suficientemente atractivos en términos residenciales como para tener pobladores, b) suficientemente atractivos, en términos laborales, como para retener parte de sus trabajadores, y a la vez, c) suficientemente diversos como para atraer a otros trabajadores del resto del sistema metropolitano, es decir para dar empleo a un perfil socioprofesional distinto al de su Población Ocupada Residente (POR)*. Por tanto, serían aquellos atractivos tanto para quienes viven en ellos, como para quienes no. Estos municipios triplemente atractivos se acercaría más a nuestro concepto de subcentro metropolitano mediterráneo.

---

<sup>6</sup> La autosuficiencia es la relación entre los RW y los LTL totales y se calcula según:

$$As = \frac{RW}{LTL}$$

Cuanto mayor es este porcentaje mayor es la autosuficiencia de los municipios

En ese contexto, la realidad urbana nos permitirá establecer cual o cuales son los elementos más relevantes para establecer, la identificación de los subcentros, la generación de elementos que permitan jerarquizar, segmentar y validar adecuadamente los subcentros identificados y, por último, el impacto de estos subcentros en la estructura de las zonas urbanas.

### Curvas de precios inmobiliarios y densidad de Lugares de Trabajo Localizados

En los modelos policéntricos la presencia de un subcentro suele generar un impacto positivo sobre la población en las zonas próximas, por lo que cabría esperar el mismo efecto sobre la renta del suelo.

En cuanto a los trabajos teóricos que han reformulado el Modelo de Ciudad Central, son pocos, pero valiosos, los casos en que se han incorporado elementos propios del Modelo de Renta Ofertada, permitiendo con ello abordar aspectos relacionados con la renta del suelo o la densidad que quedaban fuera del modelo tradicional (Henderson, 1974; Fujita y Thisse, 1986). La mayor parte de trabajos donde se analiza el impacto de los subcentros sobre el gradiente de densidad han utilizado la densidad del empleo, no la de población, como variable dependiente.

Rompiendo con esta pauta, Dowall y Treffeisen (1991) y McMillen y Lester (2003) encuentran evidencia empírica favorable a la existencia de una relación negativa entre densidad residencial y distancia al subcentro, aunque, en el primer caso, cuantitativamente menor a la que se da entre renta del suelo y distancia al subcentro. Otros trabajos, (Muñiz y Galindo 2001 y Zheng 1991), han desarrollado estimaciones de funciones de densidad, en base a Cubil Spline, para explicar las densidades residenciales, con diferentes resultados y apreciaciones de las virtudes de esta forma funcional.

Los modelos teóricos y la evidencia empírica permiten sostener, al menos provisionalmente, que el efecto esperado de la proximidad a un subcentro de empleo incide positivamente sobre la densidad de población y por ende en los valores inmobiliarios.

En el caso de los precios, se entenderá por precio de situación, el que se obtiene por estar en una localización determinada reflejando la renta monopólica del suelo, en condiciones de escasez (Roca, 1982). En el caso de ciudades monocéntricas, como Santiago de Chile, (Aguirre, 2007), se ha probado que funciones exponenciales y no paramétricas sirven para explicar de forma significativa las rentas del suelo y que aun así es conveniente el desarrollo de curvas por tipologías edificatorias y socioeconómicas (Allard y Aguirre, 2007).

Existe una relación con la cercanía a los subcentros, al incorporar las relaciones de movilidad entre los diferentes subcentros como parte de los factores explicativos dentro de una ecuación de regresión (Osland, 2007), sin desmedro de que otros autores (Ryley, 2000) planteen que la relación a estudiar es el efecto de la separación espacial de los mercados homogéneos y como ellos se comportan respecto al CBD, considerando que este efecto es el que prima en cualquier análisis por medio de una regresión multivariante.

McMillen (2003), por su lado, explicita qué en una ciudad policéntrica, las gradientes respecto al CBD, no serían significativas, ya que el modelo tendería a representar esta policentralidad. Lo que está en la línea de Heikkila (1988), quién plantea que los precios hedónicos, para captar estos precios debe ser corregidos, ya que su estimación no captará las distancias a los subcentros. Lo que de forma efectiva ocurre en estudios empíricos (Ball, 1973).

Muth (1969), establece varios factores para tomar en cuenta la estimación de las gradientes de precios en un subcentro. Cabe destacar que este concepto como ampliación de los valores hedónicos del precio, resulta interesante para ser utilizado por sobre la valoración propia de los coeficientes hedónicos. En ese sentido, concentra el análisis de la regresión hedónica en el coeficiente que acompaña a la distancia al subcentro y a la distancia al CBD. Sin embargo, plantea ciertas condiciones que deben ser consideradas que, aunque no lo explicita, resulta una sutil forma de medir, o dejar de medir en el modelo, la movilidad y los factores de segregación socio espacial (cantidad de trabajadores que no trabajan en el CBD, presencia de Universidades, centros históricos, las rutas de transporte y la composición racial del vecindario). En la línea de explicitar la movilidad, Brigham (1965), plantea que el cálculo de las gradientes debe estimarse desde los “rayos”, haciendo un símil geométrico de dirección y sentido con las vías más ocupadas y que conectan las diferentes partes de una metrópoli.

Sistematizando lo anterior, Dubin (1987) plantea un análisis de las gradientes de precios en Chicago, por los rayos y estimando formas de funcionales de Spline, estimando las regresiones en base a una batería de variables, resumidas en grupos o vectores, según su naturaleza, en base a los grupos definidos por Muth (1967).

McMillen (2003), plantea que la relación entre los precios y la estructura urbana es ambigua, al analizar los modelos de crecimiento de precios y la estructura espacial, medida en distancias, de los valores por sección censal en referencia al CBD y subcentros en la ciudad de Chicago, observando que no hay relación específica en el mercado residencial.

## Modelos econométricos de precios hedónicos

La metodología más empleada para cuantificar el impacto en el precio de bienes inmuebles es el uso de técnicas de precios hedónicos (Rosen, 1974). Los métodos hedónicos pretenden determinar el precio de las características que influyen sobre el valor de un determinado bien (Griliches, 1971).

El uso del modelo de precios hedónicos, herramienta ampliamente utilizada al momento de analizar o tratar de responder las variaciones de precios de viviendas, en relación con sus atributos (físicos, accesibilidad y características socioeconómicas del vecindario, por ejemplo). Su ventaja radica en que al tratar el bien en cuestión como un paquete de características (Lancaster, 1966, Aguirre, 2005), éstas pueden tomarse individualmente y determinar cuál es el precio que le atribuyen los demandantes en determinadas condiciones de mercado. Así, es posible encontrar estudios que asocian el precio de venta de propiedades con las más distintas variables que pueden explicar su valor: existencia de inversiones inmobiliarias, tanto de

desarrollo como rehabilitación (Ding, 2000), la presencia de proyectos de viviendas subsidiadas por el estado, el tipo de método de construcción empleado en la materialización de la vivienda, esto es, si se realiza in-situ o es prefabricada (Vanderford, 2005), o simplemente la intención de presentar un modelo predictivo para la valoración de edificios de departamentos, testado empíricamente en Portland, EE.UU (Few, 2003).

El precio implícito se define por la derivada parcial con respecto a cualquiera de las variables, la aplicación de esta teoría se remonta al estudio de Ridker y Hemning (1967) quienes analizaron el efecto de la contaminación del aire sobre el precio de mercado de las viviendas, así como otras características propias de los inmuebles y su vecindario en St. Louis, Estados Unidos. En 1974, Sherwin Rosen impulsó la exploración del modelo de precios hedónicos al proponer un modelo que consistía en un análisis de dos etapas. En la primera la función de precio de equilibrio hedónico se estimaba usando información relacionada al precio de venta y características de la vivienda para recuperar los precios implícitos de las características. Este análisis es la aplicación más común del método hedónico ya que la información necesaria es mínima como lo son los conocimientos de economía requeridos para llevarla a cabo.

Los atributos influyentes se dividen principalmente en atributos, estructurales, micro-localización y macro-localización. Estos afectan de manera positiva o negativa el precio, generando mercados implícitos para cada atributo. En este sentido, la teoría de precios hedónicos constituye un significativo avance metodológico en la modelación de mercados implícitos por atributos, proporcionando técnicas econométricas para la obtención de precios y demandas implícitas a partir de la medición del precio del bien compuesto y de la forma en que se efectúa la “mezcla” de atributos que lo compone (Lever, 1998).

El modelo crea una función de precio, cuyos parámetros sean los atributos del bien raíz a analizar. La aplicación estándar del método ocupa la siguiente ecuación de precio:

$$P = f(I, V, U, Z, E) \quad (1)$$

Donde P corresponde al precio del bien raíz, el cual será determinado por la función f.

Los argumentos se agrupan en cinco grandes categorías:

1. I: Características inherentes al inmueble (superficie del terreno, superficie construida, arquitectura y diseño, calidad de materiales, etc.).
2. V: Características del vecindario (nivel socioeconómico, seguridad, tipo de residentes, etc.).
3. U: Características de ubicación de bien raíz (área residencial comercial o industrial, distancia geográfica y accesibilidad).
4. Z: Características determinadas por la ubicación del bien raíz en el plano regulador.
5. E: Externalidades presentes en el entorno (áreas verdes, contaminación, etc.).

La forma funcional f en (1) no necesariamente corresponde a una expresión lineal, debido a que la relación entre el precio y las variables explicativas suele no serlo. Es decir, a medida que aumenta la cantidad de un atributo, por ejemplo, la superficie del inmueble impacta sobre el

precio final no se calcula como una razón constante. La experiencia empírica demuestra que la relación entre el precio y las variables explicativas tiende a adoptar formas funcionales logarítmicas (por ejemplo, el impacto de cambios en la superficie sobre el precio tiende a decaer a medida que aumenta significativamente la superficie).

$$P_i = \beta_0 + \beta_1 * X_{1i} + \beta_2 * X_{2i} + \dots + \beta_n * X_{ni} + \varepsilon_i \quad (2)$$

Donde  $x_{ki}$  son los atributos por modelar de la  $i$ -ésima de la vivienda. Estos son los argumentos de la función por tanto conocidos y  $b_k$  son los parámetros asociados al atributo  $x_k$ . Y  $\varepsilon_i$  un error aleatorio. Al expresar la ecuación de precios de esta manera, se puede crear una base de datos con los bienes raíces ya vendidos, de los cuales se conoce su precio y sus atributos. Luego, aplicando regresiones logarítmicas conocemos los parámetros asociados a cada atributo, los cuales indican el aporte de cada argumento al precio. Para validar la elección de dicho modelo se emplearán los estadígrafos  $R^2$  ajustado,  $t$  de Student y el test de Fisher (F), basados en las pruebas más comunes en las investigaciones citadas.

A partir de una ecuación hedónica es posible elaborar un modelo de determinación y simulación de precios que permite, entre otras cosas, determinar cuánto valora el mercado el cambio en alguna característica del proyecto (por ejemplo, una nueva estación de metro o la cercanía o accesibilidad a un subcentro). Para ello, se estima el precio en ausencia de la característica y luego se la compara con aquel que la incorpora. El diferencial entre ambas predicciones representa la valorización que según el modelo debiera experimentar el inmueble producto de la ejecución del proyecto.

La información proveniente de la primera etapa del análisis puede ser utilizada para completar la segunda etapa en la cual son estimadas las preferencias por las características, los precios implícitos de los atributos obtenidos en la primera etapa de análisis pueden ser combinadas con la cantidad de atributos observadas para determinar la demanda. Para utilizar el método es necesario comprender su funcionamiento y siempre recordar dos claves del modelo hedónico, la primera es que el mercado es perfectamente competitivo y la segunda es que ambas asumen que vendedores y compradores, están perfectamente informados. Esto en adición al supuesto de que no existe discontinuidad en la disponibilidad del producto para los consumidores.

Es común en los estudios que exista un alto grado de correlación entre las medidas relacionadas a un mismo atributo, por esto incluir todos los atributos puede provocar coeficientes de correlación imprecisos. Estas variables se van excluyendo para evitar la colinealidad y el posible sesgo en el resultado final. Para evitar errores de este tipo, sería ideal tener métricas consistentes con la apreciación de los participantes del mercado.

La variable tiempo es una cuya endogeneidad no había sido utilizada en investigaciones hedónicas que tuviesen relación con el medio ambiente, exceptuando a Huang y Palmquist (2001) donde encuentran sesgo importante en su investigación de precio hedónico en viviendas de Seattle, Washington. Mientras que la prueba de Hausman determinó que la endogeneidad del tiempo en el mercado no es empíricamente importante (Cavailles, 2008). Por lo anterior, la variable tiempo en el mercado se omitirá en la investigación hedónica.

Mercados más exigentes y específicos, la competencia del mercado, la preocupación por el medio ambiente y el hecho de que los cambios de las variables exógenas afectan el equilibrio hedónico de una manera que no es explicable con información antes-después implicando que los precios implícitos estimados a partir de la función de precio hedónico no constituirán por sí solos cambios en los beneficios de las mejoras en el equipamiento (Sandoval, 2014). Todo lo anterior pone de manifiesto la importancia de considerar los requerimientos de las personas y sus preferencias por los atributos, de aquí la trascendencia del estudio de demanda en el desarrollo de un proyecto inmobiliario.

Dentro de la última década han aparecido estudios que buscan relacionar la accesibilidad con otros temas distintos del precio de viviendas, para lo cual utilizan otras metodologías que buscan asociar la migración de personas a la búsqueda de mejores oportunidades de trabajo en Holanda (Van Ham, 2005), relacionando directamente el acceso a los lugares de trabajo con la movilidad producida por la búsqueda de aminorar los costos de desplazamiento, lo cual se logra a través de modelos de regresiones logísticas para estimar el efecto del acceso a trabajos y las ubicaciones residenciales estratégicas en la migración relacionada con empleos, para lo cual se contabilizó el número de empleos que se encuentran a no más de 30 minutos de viaje desde la residencia. Finalmente, los resultados indican que la probabilidad de mudarse por razones laborales decrece con el aumento de oportunidades de trabajo cercanas; de esta forma, las personas que viven en lugares que poseen un buen acceso a empleos pueden evitar costos por movilidad espacial cuando se cambian de trabajo, pero la evidencia no es relevante para especificar si las personas que viven en las grandes ciudades poseen una ventaja con aquellas que viven en localidades intermedias.

Los estudios que miden de alguna forma el impacto de mejoras de transporte sobre el precio de viviendas difieren en el enfoque exacto con que abordan el problema, pero la idea general es emplear información empírica para implementar un modelo que analice las variaciones de precios entre antes y después del fenómeno estudiado, utilizando un grupo de viviendas afectadas y otro grupo como control, en el cual los efectos de la mejora en accesibilidad no deberían observarse. Dentro de estas investigaciones, la variable dependiente es el precio de transacción, mientras que las variables explicativas son los atractivos propios de las viviendas, el entorno y la cercanía a la mejora en acceso, la cual se mide según las posibilidades de cada autor, siendo comúnmente utilizada la distancia en línea recta a la estación más cercana.

Un problema siempre presente en regresiones de modelos hedónicos es la multicolinealidad entre las variables explicativas del precio de la vivienda. En general, es esperable que casas grandes también tengan muchos dormitorios, varios baños, estén ubicadas en buenos barrios, y estén construidas con mejores materiales, etc. Asimismo, es muy posible que las viviendas que no tengan agua, ni alcantarillado también se encuentren en barrios marginales, sean más pequeñas, tengan menos dormitorios y estén construidas con materiales de menor calidad. El resultado de este fenómeno es que tiende a existir asociación entre las variables, por lo que las muestras obtenidas de un universo cualquiera tenderán a mostrar altos grados de multicolinealidad, es decir, de correlación o asociación, entre varias de las variables que contengan.

Una forma de manejar el problema de la multicolinealidad es utilizar componentes principales de las variables correlacionadas. Estos componentes principales pueden ser entendidos como una transformación de los datos que resume la información contenida en un conjunto de variables con algún grado de correlación entre ellas en un reducido número de factores no correlacionados entre sí, y que mantiene una importante proporción de la variabilidad existente en el conjunto original de variables.

El hecho, como en la mayoría de las zonas urbanas, es que las tierras residenciales cubren la mayor proporción de las zonas urbanas. Los determinantes de los precios de la vivienda pueden variar a través de fuera la estructura interior de la unidad de vivienda y el edificio, la estructura de la vecindad que la casa se encuentra, las condiciones del mercado y políticas de vivienda. Los determinantes exteriores de los precios de la vivienda son el componente de la física, los elementos económicos, sociales, culturales y la accesibilidad al CBD, las ubicaciones de trabajo y las instalaciones.

Según el enfoque neoclásico, el ubicación de la unidad de vivienda, accesibilidad a CBD y el tiempo de viaje son los principales hechos que determinar los precios de la vivienda o los valores de alquiler. Los fundamentos del enfoque económico neoclásico son apoyados por los modelos de precios hedónica que ayudan a entender las preferencias de vivienda de los consumidores. Así los modelos hedónicos se toman en consideración, junto con la estructura física de la unidad de vivienda. y espacial, demográfica y económica de los vecindarios.

Explicando los determinantes de la vivienda los precios con sólo estos factores no son suficientes para analizar el sistema de vivienda local. Aunque los modelos hedónicos son herramientas útiles para entender la segmentación de la vivienda, existen algunas limitaciones conceptuales, como el enfoque fallas que capturan los factores institucionales.



## Bibliografía

- Adair, A., Berry, J., & McGreal, W. (1996). Hedonic modelling housing submarkets and residential valuation. *Journal of property research*, 13(1), 67-83.
- Aguirre, C. (2008). IMPACTO EN EL PRECIO DE DEPARTAMENTOS NUEVOS DEL ANUNCIO DE LA LÍNEA 4 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE SANTIAGO DE CHILE. *X Coloquio Internacional de Geocrítica*. Barcelona: Scripta Nova.
- Aguirre, C., & Leon, D. (2008). Aspectos causales del precio de departamentos nuevos en la comuna de Ñuñoa, Santiago de Chile. *Urbano* 18, 59-67.
- Aguirre, C., & Marmolejo, C. (2011). El impacto del policentrismo sobre la distribución espacial de los valores inmobiliarios: un análisis para la Región Metropolitana de Barcelona. *Revista de la construcción*, 10(1), 78-90.
- Alonso, W. (1964). *Location and land use*. Cambridge Mass: Harvard University Press.
- Alonso, W. (1964). *Location and land use: toward a general theory of land rent*. Cambridge: Harvard university press.
- Anas, A., & Kim, I. (1996). General Equilibrium Models of Polycentric Urban Land. *JOURNAL OF URBAN ECONOMICS*, 232]256.
- Anas, A., Arnott, R., & Small, K. (1998). Urban Spatial Structure. *Journal of economic literature*, 1426-1464.
- Anderson, A., & Pérez, J. (1997). *Influencia de la existencia de la línea 2 del metro en la plusvalía de los terrenos colindantes*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.
- Basu, S., & Thibodeau, T. (1998). Analysis of spatial autocorrelation in house prices. *Journal of real estate finance and economics*, 17(1), 61-85.
- Bertaud, A. (2002). *The Spatial Organization of Cities: Deliberate Outcome or Unforeseen Consequence?* *World Development Report, Dynamic Development in a Sustainable World*. Wisconsin: Mundial Bank Report.
- Boix, R., & Trullen, J. (2012). POLICENTRISMO Y ESTRUCTURACIÓN DEL ESPACIO: UNA REVISIÓN. *ACE "Arquitectura, Ciudad y Entorno"* , 27-54.
- Borussa, S., Cantoni, E., & Hoesli, M. (2007). Spatial dependence, housing submarkets, and house price prediction. *Journal of real estate finance and economics*, 35(2), 143-160.
- Borussa, S., Hamelink, F., Hoesli, M., & MacGregor, B. (1999). Defining housing submarkets. *Journal of housing economics*, 8(2), 160-183.
- Bowes, D. (2001). Identifying the impacts of rail transit stations on residential property values. *Journal of urban economics*(50), 1-25.

- Camagni, R. (2005). *Economía Urbana* (Vol. 1). (A. Bosh, Ed., & V. Galetto, Trad.) Barcelona, Cataluña, España: Antoni Bosh.
- Capello, R. (2007). *Regional Economics*. New York: Routledge.
- Cavailles, J. (2008). Pricing the homebuyer's countryside view. En A. Baranzini, J. Ramirez, C. Schaerer, & P. Thalmann, *Hedonic methods in housing markets* (págs. 83-99).
- Champion, A. G. (2001). A Changing Demographic Regime and Evolving Polycentric Urban Regions: Consequences for the Size, Composition and Distribution of City Populations. *Urban Studies*, 38(4), 657-677.
- de Ureña, J., Pillet, F., & Marmolejo, C. (2013). Aglomeraciones/regiones urbanas basadas en varios centros. *Ciudad y territorio CyTET*, XVI(176), 249-266.
- Fujita, M., Krugman, P., & Venables, P. (2000). *Economía Espacial, las ciudades, las regiones y el comercio intencional*. Barcelona: Ariel.
- Gallimore, A., Fletcher, M., & Carter, M. (1996). Modelling the influence of location on value. *Journal of property valuation and investment*, 14(1), 6-19.
- Gatzlaff, D., & Smith, M. (1993). Uncertainty, efficiency of development patterns, and growth controls. *Journal of real estate finance and economics*, 6(2), 147-155.
- Giulliano, G., & Redfearn, C. L. (2004). Employment concentrations in Los Angeles, 1980-2000. *Environment and Planning A*, 2935-2957.
- Giulliano, G., & Small, K. A. (1991). Subcenters in los Angeles Region. *Regional Science and Urban Economics*, 163-182.
- Griliches, Z. (1971). *Hedonic Price Indexes of Automobiles: An Econometric Analysis of Quality Change*. Cambridge: Cambridge university press.
- Hoyt, H. (1939). *The Estructure and Growth of residencial neighbourhoods in american cities*. Washington D.C.: United States. Federal Housing Administration;.
- Huang, J.-C., & Palmquist, R. (2001). Environmental conditions, reservation prices, and time on the market for housing. *Journal of real estate finance and economics*, 203-219.
- Krugman, P. (1997). *La organizacion espontànea de la economia*. Barcelona: Antoni Bosh.
- Lefebvre, H. (1991). *The production of space*. Oxford: Blackwell.
- Lever, G. (1998). El modelo de precios hedonicos. *Revista brasileira de economia*.
- Marmolejo, C. (2005). Barcelona, Teoria de localizacion de oficinas: Tesis Doctoral CPSV.
- Marmolejo, C., Aguirre, C., & Cerda, J. (2011). Time-density and polycentrism in the spanish metropolitan system: a first approach. *7 Virtual cities and territories. "International*

- Conference Virtual City and Territory, Lisboa* (págs. 351-360). Coimbra: University of Coimbra. Department of Civil Engineering.
- Marmolejo, C., Aguirre, C., & Ruiz, M. (2010). ¿Hacia un sistema de metrópolis españolas policéntricas?: Caracterización de su estructura metropolitana.. *Congreso Internacional Ciudad y Territorio Virtual. "6º Congreso Internacional Ciudad y Territorio Virtual"*., (págs. 1-24). Baja California.
- Muth, R. (1969). *Cities And Housing*. Chicago: University of Chicago.
- Nelson, A. (1992). Effects of elevated heavy-rail transit stations on house prices with respect to neighborhood income. *Transportation research board*.
- Olivares, A. I., & De Paolini, M. (2011). Regiones urbanas turísticas costeras: conceptualización y resultados preliminares para la construcción de un modelo de análisis. *ACE: Architecture, City and Environment"*, 6(16).
- Ozus, E., Dokmeci, V., Kiroglu, G., & Egdemir, G. (2007). Spatial analysis of residential prices in Istanbul. *European planning studies*, 15(5), 707-721.
- Palmucci, G. (2005). Capitalización de infraestructura pública en el precio de las viviendas: el caso del metro de Santiago. *Cámara chilena de la construcción*, 1-53.
- Richardson, H. W. (1973). *Economía Regional*. Barcelona: Vicens-Vives.
- Ridker, R., & Henning, J. (1967). The determinants of residential property values with special reference to air pollution. *the review of economics and statistics*, 49(2), 246-257.
- Roca Cladera, J. (1986). *Manual de Valoraciones Inmobiliarias*. Madrid: Ariel.
- Roca Cladera, J., & Moix, M. (2005). The interaction value: its scope and limits as an instrument for delimiting urban systems. *Regional Studies*, 359-375.
- Roca,, J., Moix, M., & Arellano, B. (2012). El sistema urbano en España. *Scripta nova: revista electrónica de geografía y ciencias sociales*, XVI(396), 1-34.
- Rosen, S. (1974). Hedonic prices and implicit markets: Product differentiation in pure competition. *Journal of Political Economy*, 82(1), 34-55.
- Rothenberg, J., Galster, G., Butler, R., & Pitkin, J. (1991). *The maze of urban housing markets*. Chicago: University of Chicago press.
- Sandoval, C. (2014). *Estimación del impacto en el precio de departamentos nuevos de las futuras líneas del metro: Caso línea 3 en Santiago y Ñuñoa*. Santiago de Chile.
- Shearmur, R. (2018). The Millennial Urban Space-Economy: Dissolving Workplaces and the Delocalization. En M. Moos, D. Pfeiffer, & T. Vinodrai, *The Millennial City ,Trends, Implications, and Prospects for Urban Planning and Policy* (págs. 65-79). Oxford: Routledge .

- So, H., Tse, R., & Ganesan, S. (1997). Estimating the influence of transport on house prices: evidence from Hong Kong. *Journal of property valuation and investment*, 15(1), 40-47.
- Torres, F. (2016). Henri Lefebvre y el espacio social: aportes para analizar procesos de institucionalización de movimientos sociales en América Latina - La organización Barrial Tupac Amaru (Jujuy-Argentina). *Sociologias*, 18(43), 240-270.
- Watkins, C. (1998). Are new entrants to the residential property market informationally disadvantaged? *Journal of property research*, 15(1), 57-70.
- Watkins, C. (2001). The definition and identification of housing submarkets. *Environmental and planning A*, 2235-2253.



## Capítulo 3: Artículo N°1 (A1)

El presente capítulo, presenta el producto de la investigación, la citación es:

### Nombre del artículo (Cita):

Aguirre, C, & Marmolejo, C. (2011). El impacto del policentrismo sobre la distribución espacial de los valores inmobiliarios: un análisis para la Región Metropolitana de Barcelona. Revista de la construcción, 10(1), 78-90. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-915X2011000100008>

Fecha de recepción 28/05/2010 Fecha de aceptación 01/12/2010

Palabras Clave: Teoría de la renta ofertada, policentrismo, mercados inmobiliarios, precios hedónicos.

El link a la publicación es: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-915X2011000100008&lng=es&nrm=iso&tlng=es](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-915X2011000100008&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

### Resumen:

La teoría de la renta ofertada, que prevalece en el ámbito de la economía urbana, establece un trade-off entre los costes de transporte y la renta que se transfiere al suelo, de manera que cuanto mayor es la distancia entre un punto determinado del sistema urbano y el CBD, menor es la renta transferible al suelo. Sin embargo, esta teoría, en su acepción original, parte del supuesto de un sistema monocéntrico, en el cual todos los empleos están situados en el centro, un paradigma, por tanto, alejado del actual. En este artículo se propone: 1) un conjunto de métodos que permiten detectar subcentros de empleo, para 2) probar hasta qué punto estos ejercen una influencia en el valor inmobiliario de su entorno. A partir de datos de empleo de la Región Metropolitana de Barcelona (RMB) y de valores residenciales, se detectan entre 15 y 26 municipios como potenciales subcentros; a partir de aquí, mediante un modelo de precios hedónicos, se prueba la influencia de estos sobre la distribución espacial del valor de las viviendas. Los resultados destacan la presencia de problemas de multicolinealidad, entretanto, la distancia al CBD y a algunos subcentros está correlacionada. Sin embargo, el modelo construido a partir de los subcentros detectados mediante la función exponencial negativa minimiza este problema, y permite validar, en un escenario policéntrico, la teoría de la renta ofertada.



*Polycentrism impact on the  
spatial distribution of values  
Real estate: an analysis  
for the metropolitan area  
of Barcelona*

## El impacto del policentrismo sobre la distribución espacial de los valores inmobiliarios: un análisis para la Región Metropolitana de Barcelona



### Autores

**AGUIRRE, C.** Constructor Civil UC  
Máster en gestión y valoración urbana UPC  
Doctorando Centro de Política de Suelo y Valoraciones  
Universidad Politécnica de Cataluña España  
Académico Escuela de Construcción Civil UC  
Pontificia Universidad Católica de Chile  
E-mail: carlos.aguirre@upc.edu

Este artículo se deriva de la tesis de la investigación doctoral en Gestión y Valoración Urbana, en el marco de su tesis doctoral, del Departamento de Construcciones Arquitectónicas I (UPC), realizada por el autor principal y dirigida por el secundario.

**MARMOLEJO, C.** Doctor Arquitecto  
Centro de Política de Suelo y Valoraciones  
Universidad Politécnica de Cataluña España  
E-mail: carlos.marmolejo@upc.edu

Fecha de recepción 28/05/2010

Fecha de aceptación 01/12/2010



## Introducción.

El paradigma actual de los sistemas urbanos metropolitanos se encuentra abismalmente alejado del modelo monocéntrico, entre tanto: a) el CBD no suele concentrar la mayor cantidad del empleo metropolitano, y b) el resto del empleo o bien se encuentra disperso o bien aglomerado en subcentros cuya potencialidad de atracción resulta diferencial. La progresiva aparición y consolidación de sistemas complejos, en parte dispersos y en parte policéntricos, ha sido pues, la línea de desarrollo urbano de las últimas décadas del siglo XX.

En esta investigación busca establecer, hasta qué punto la teoría de la renta ofertada continúa teniendo validez en los sistemas policéntricos-dispersos contemporáneos. Desde la perspectiva teórica sería esperable que, así como los subcentros ejercen una influencia sobre la función de la densidad poblacional y de actividad económica (McMillen, 2001; Muñiz, 2003) también ejerciesen otra sobre el manto de valores inmobiliarios, una vez que el resto de atributos que los determinan han sido controlados.

## I. Subcentros, forma de detectarlos y la teoría de formación espacial de los valores inmobiliarios.

### A.- Los Subcentros Urbanos y su función en el territorio.

Un subcentro es un punto en el espacio metropolitano caracterizado no solo por tener una densidad de trabajadores sensiblemente superior a la de sus vecinos, sino y sobre todo, por ser capaz de ejercer una influencia sobre su entorno. Dicha influencia puede verse reflejada mediante el flujo de trabajadores o compradores que acuden a él desde sus residencias, o por una modificación del manto de valores y de intensidad de uso del territorio alrededor de él. Un subcentro también debería ser un punto de referencia en el territorio con una fuerza identitaria tal capaz de ser reconocible por su vecindario.

Bertaud (2002), Plantea las diferencias entre las ciudades monocéntricas y policéntricas dependerá del nivel de reemplazo o sustitución en los destinos de los patrones de viajes obligados, y que ninguna ciudad es 100% monocéntrica ni 100% policéntrica. En un intento de clasificación define de forma teórica, en 4 grandes estadios las realidades metropolitanas:

- 1.- Una ciudad con preponderancia del CBD y sin subcentros identificables, la mayoría de los viajes se concentran en desde la periferia hacia el CBD. Esta categoría sería la ciudad monocéntrica.
- 2.- Una ciudad donde el CBD y los subcentros ejercen lazos de fuertes de atracción de trabajadores y existe atracción de los subcentros entre sí, pero en menor grado.(urban Village, ideal de planeación)
- 3.- Una ciudad basada en un sistema policéntrico equipotencial, donde no existe una preponderancia del CBD respecto a los subcentros, ni entre estos últimos. Esta categoría sería la ciudad policéntrica.
- 4.- Una ciudad a medio camino entre las monocéntricas y las policéntricas. Este modelo corresponde a jerarquías no bien definidas, ya que el CBD mantiene su jerarquía atrayendo los viajes, pero los subcentros también compiten con él, aunque no de forma equipotencial.

Apoyando lo anterior, desde los primeros modelos espaciales, como el de Von Thünen de 1826, hasta los de Krugman y Fujita,(2005) la auto-organización del espacio se ha planteado mediante la integración de tres procesos íntimamente relacionados entre sí, a saber. La formación espacial de la renta del suelo, la configuración de usos del suelo, y la intensidad de uso del espacio. Entonces, Valor, uso y densidad son, por tanto, las tres caras de una misma moneda; en cuyo trasfondo subyacen los costes de transporte-tiempo erogados al superar el espacio y las

externalidades de aglomeración que, como propiedad emergente, surgen de la concentración de localizadores.

Desde la perspectiva de la densidad de trabajadores la naturaleza de los subcentros, se encontrará definida por su capacidad de atracción de estos territorios como centros laborales y por ende de viajes obligados, en reemplazo al CBD. Los métodos de identificación y validación de subcentros, deberían ser lo suficientemente robustos para que establecer estas jerarquías y aun más permitir que esta diferencia de potencial sea considerada en su validación.

## B- Métodos de identificación y validación de Subcentros.

En la literatura existen dos familias, ambas tienen caminos convergentes con matizaciones particulares. Los métodos diseñados para detectar subcentros laborales (véanse los excelentes estados del arte realizados por Muñiz, 2003 y 2005; y Roca, *et al.* 2010)

- 1.- La primera basada en el análisis de la distribución de la densidad (p.e.: puestos de trabajo/superficie urbanizada)
- 2.- la segunda es funcional y está basada el análisis de la movilidad (p.e.: residencia-trabajo).

### i.- Densidad

La primera familia basada en la densidad es la más extendida en los trabajos empíricos, según McMillen (2001) “una definición de trabajo razonable sobre el concepto de subcentro es un sitio con: 1) una densidad de empleo razonablemente mayor que los sitios aledaños, y 2) que tiene una influencia sobre la función de densidad general [del sistema metropolitano]”. En esta familia 4 son las metodologías principales:

1.- El primer criterio, sugerido originalmente por McDonald (1987), consiste en identificar “picos” de densidad de empleo en relación a las zonas contiguas, en este sentido el autor sugiere que un subcentro es un segundo “pico” de densidad tras el CBD. Dicho criterio consiste en analizar, normalmente con el concurso de los SIG, la distribución espacial de la función de densidad, destacando los picos locales de empleo como posibles candidatos a subcentro. Gordon, Richardson & Wong (1986) restringieron el número de subcentros a aquéllas zonas con altos *t-values* en un modelo policéntrico de población y empleo; McDonald & McMillen, 1990; Craig & Ng, 2001;

2.- La segunda aproximación consiste en utilizar un conjunto de umbrales de referencia (*cutoffs*) que permitan la identificación de los subcentros. La mayor parte de trabajos basados en este criterio han seguido los pasos iniciados por Giuliano & Small (1991), los cuales utilizaron criterios de masa crítica (10.000 LTL), y de densidad (10 empleos por acre, unos 2.500 empleos por km<sup>2</sup>) para la definición de los subcentros; según McMillen (2001), la elegancia de estos umbrales radica en el conocimiento cualitativo de la realidad metropolitana que les da soporte, además de que *permite el análisis histórico de la estructura de subcentros*<sup>1</sup>; los referentes de este método son: Song, 1994; Cervero & Wu, 1997; McMillen & McDonald, 1997; Bogart & Ferry,

<sup>1</sup> McMillen (2001) hace mención a las ventajas de los umbrales definidos por Gulianno y Small (1991), dado que al combinarlos con un conocimiento de la realidad a analizar, es fácil y eficaz de utilizar. El objetivo de aquel estudio era incorporar efectos temporales a su estudio de la evolución de la estructura de Chicago entre 1970 y 2020 (McMillen y Lester, 2003).

1999; Anderson & Bogart, 2001; Shearmur & Coffey, 2002; García-López (2007); Giuliano & Readfearn (2007);

3.-Desde una perspectiva econométrica, un tercer conjunto de trabajos ha buscado la identificación de los subcentros mediante la utilización de métodos paramétricos, y muy especialmente el análisis de los residuos en una función densidad de empleo exponencial negativa, en donde la densidad de una localidad (variable explicada) es una función de la distancia a la que se encuentra del CBD (variable explicativa). McDonald & Prather (1994) ensayan un modelo de regresión basado en el modelo exponencial negativo, delimitando los subcentros mediante el análisis de residuos positivos, superiores al 95% de confianza, de la ecuación de regresión. Sin embargo, como el propio McMillen (2003) lo reconoce una de las limitaciones de los modelos paramétricos es la mayor dificultad para comparar los resultados entre ciudades, al contrario de lo que ocurre con los umbrales de Giuliano y Small (1991);

4.-La cuarta aproximación utiliza métodos no paramétricos, como la *locally o geographically weighed regression* (LWR o GWR), para la identificación de “picos” locales de densidad de empleo. Desde esta perspectiva la estimación no paramétrica de la densidad de empleo se produce localmente, lo que permite adaptar la identificación de subcentros a la realidad espacial de la estructura urbana. McMillen (2001), Craig & Ng, 2001; Readfearn, 2007.

## ii.-Funcional.

La segunda familia de métodos, que ha tenido un desarrollo más escaso, parte del entendimiento que un subcentro, no sólo es un punto en el espacio metropolitano especialmente denso, sino y sobre todo, que es capaz de dar cohesión y estructura al territorio que lo rodea. Los trabajos de Bourne (1989); Gordon & Richardson (1996); Burns, Moix & Roca (2001) y Roca; Marmolejo y Moix (2010) son algunos referentes en este ámbito. Según estos últimos autores, mediante el análisis de la interacción que se genera entre los diferentes municipios, y en concreto del índice o valor de relación de Coombes y Openshaw (1982), es posible encontrar aquellas áreas cohesionadas por relaciones funcionales más potentes (protosistemas), de manera que el municipio con mayor masa crítica y densidad de este conjunto (protosistema), es asimismo, el que posee las relaciones más intensas con el resto, es decir, un subcentro. Se trata, por tanto, de un proceso de delimitación de abajo hacia arriba, en donde primero se establece el área de influencia, y en seguida, se detecta el punto que irradia dicha influencia (i.e. que atrae proporcionalmente más flujos de personas).

Muñiz (2003), ha sugerido que si bien, todos los métodos han hecho aportes significativos, todos presentan aspectos arbitrarios, como: el número de habitantes mínimo, el porcentaje mínimo retención de viajes, el número mínimo de empleados, para que una localización se considere subcentro.

En una mirada crítica a los métodos y definiciones de subcentros que le son subsecuentes:

- a) A pesar de que la densidad de empleo y los flujos de trabajadores son dos caras de un mismo proceso, ambas informaciones aportan aspectos cualitativos diferentes, el primero da cuenta, por ejemplo, de la intensidad con la que se usa el espacio de destino; mientras que el segundo la fuerza con la que se unen destinos y orígenes. Ambas familias han analizado estancamente estos aspectos y muy pocos esfuerzos se han hecho para generar criterios combinados movilidad-densidad.
- b) La especialización de los métodos resulta también sujeto de controversia. Si bien es una ventaja que se especialice la técnica, en particular los modelos econométricos, resulta muy difícil su aplicación a varias realidades diferentes. De hecho, McMillen (2003), reconoce de forma certera que el método de Gulianno y Small, es el más fácil de usar cuando se quiere

comparar ciudades. La simpleza y parsimonia de un método de identificación resultaría muy atractiva si, además, fuese eficaz.

- c) El tratamiento agregado de la densidad, no permite distinguir la densidad que se genera por los trabajadores (*commuters*) que llegan desde otras localizaciones, de aquella densidad endógena que se genera por la población ocupada que se queda a trabajar en el mismo sitio (*resident workers*); por esta razón no se puede, mediante este tratamiento agregado distinguir las localizaciones que son densas porque atraen un flujo importante de trabajadores pero a la vez retienen una cuantía importante (subcentros maduros que estructuran el territorio), de aquellas que son densas sin atraer prácticamente flujos (p.e.: un cuartel militar, es decir, accidentes de densidad sin relaciones estructurantes con su alrededor) ni de aquellos que son densos sin tener o retener a su población ocupada residente (p.e.: un polígono industrial).

En este artículo se ponen en práctica la mayor parte de técnicas de identificación basadas en la densidad, tanto por umbrales, como por modelos econométricos; y además, se propone una nueva forma de ver la densidad, que permite subsanar la crítica del punto 3.

## II.- Estudio de caso, datos y modelos.

El caso de estudio es la Región Metropolitana de Barcelona: esta cuenta con 164 municipios, 3.200 kilómetros cuadrados, 551 kilómetros cuadrados artificializados<sup>2</sup>. Se realiza un corte transversal con la información de los Lugares de Trabajo Localizados a nivel de municipios (LTL), obtenidos en base a la movilidad laboral consultada en el Censo de Población y Vivienda, realizado por INE en el año 2001. Estos Lugares de trabajo localizados se utilizan como sinónimo de empleo en la estimación de los modelos enunciados. Las críticas al estado del arte sustentan la necesidad de construir una medida de densidad vectorial para los casos de estimación de curvas de regresión, correspondiendo a la norma de un vector entre la densidad de trabajadores residentes y entrantes, con miras a captar el efecto de los centros que de por sí son vertebradores del territorio y no solamente polígonos industriales, grandes centros de empleo, o ciudades dormitorio. Para suplir esta deficiencia, se prueba una primera aproximación a este fenómeno al considerar la denominada densidad vectorial (VEC), que toma como valor de densidad, la norma del vector construido en el plano de forma cartesiana, compuesto por la densidad de trabajadores residentes y los entrantes, (Aguirre y Marmolejo, 2009b).

Desde el estado del arte se seleccionan 10 metodologías, que se muestran en la Tabla N°1, obteniendo 10 grupos candidatos a subcentros metropolitanos, con 15 a 26 municipios cada uno y cuyos resultados se observan en la Figura n°1 y n°2 y la Tabla n°2.

Para la validación de cada uno de los grupos de subcentros se siguió la definición de asociada a tres dimensiones, la singularidad de la densidad de trabajadores localizados, la influencia que tiene sobre el entorno y su acción en territorio, manteniendo el criterio de Roca, *et al.* (2010) y Aguirre, *et al.* (2009).

<sup>2</sup> Se denominan artificializados, a los terrenos que cuentan con una transformación efectiva del suelo, por parte del Ser Humano, Este cálculo se hace según información de análisis espectral de las fotos satelitales, realizados en el CPSV-UPC.

### III.- Resultados.

Mediante los diferentes métodos establecidos, se identificaron diferentes grupos de subcentros, asociados cada uno de los criterios expuestos en la Tabla Nº1. Tal como se esperaba, los modelos con la densidad vectorial, establecen un número diferente de subcentros que los de densidad de LTL habitual.

Los modelos exponenciales, no muestran una diferencia significativa entre los candidatos a subcentros según la densidad de LTL y la Vectorial, ya que cuentan con la misma cantidad de subcentros identificados y solo presentan un municipio de diferencia: L'Hospitalet de Llobregat. Los modelos estimados no son eficientes en la generación de un punto inicial con residuo bajo y que permita la conformación del manto de densidad, ya que en CBD debe ser el origen de la regresión exponencial y en particular el punto asintótico de la función exponencial negativa, replicando una condición de monocentrismo. En este caso ambos métodos, reconocen a Barcelona como una anomalía, ya que no lo colocan en su asíntota, como se observa en la Figura 7. Este proceso, hace que matemáticamente el modelo no presente la eficiencia correspondiente y por tanto, podamos inferir, que presentará problemas más adelante. Por ser estimado por un proceso de máxima verosimilitud, el modelo no ha considerado la eficacia de sus estimadores más allá de la significancia estadística de ellos. El efecto de utilizar la densidad vectorial al ajustar más las curvas en las cercanías del CBD. Mientras que los efectos en las lejanías de este son menos observables. En cambio, los modelos exponenciales gravitacionales muestran resultados muy diferentes cuando se calibran con densidad de LTL o vectoriales. En el caso de la densidad, el modelo elige zonas compactas donde aparecen agrupaciones de municipios que forman subcentros. Este proceso queda más en evidencia, al analizar la regresión de la densidad vectorial, donde se identifican algunos de estos municipios, que forman aquellas zonas. Ambos modelos eliminan Barcelona como subcentro, ya conforman su ecuación en base a este punto. En ese sentido, se puede establecer que los modelos exponenciales gravitacionales son más eficientes en la generación de la curva de referencia monocéntrica exponencial.

De los elegidos por más de 5 métodos, se observa que los modelos espaciales, eliminan a los municipios del continuo urbanizado de Barcelona y los métodos de umbrales y gravitacionales, no seleccionan los municipios más alejados y que son identificados por los métodos de regresión. Un caso especial es el de Santa Coloma de Gramanet que es seleccionada como subcentro por 5 métodos, donde los modelos de flujos, regresiones exponenciales y espaciales no la seleccionan.

Tabla 1 Organización de los modelos de identificación

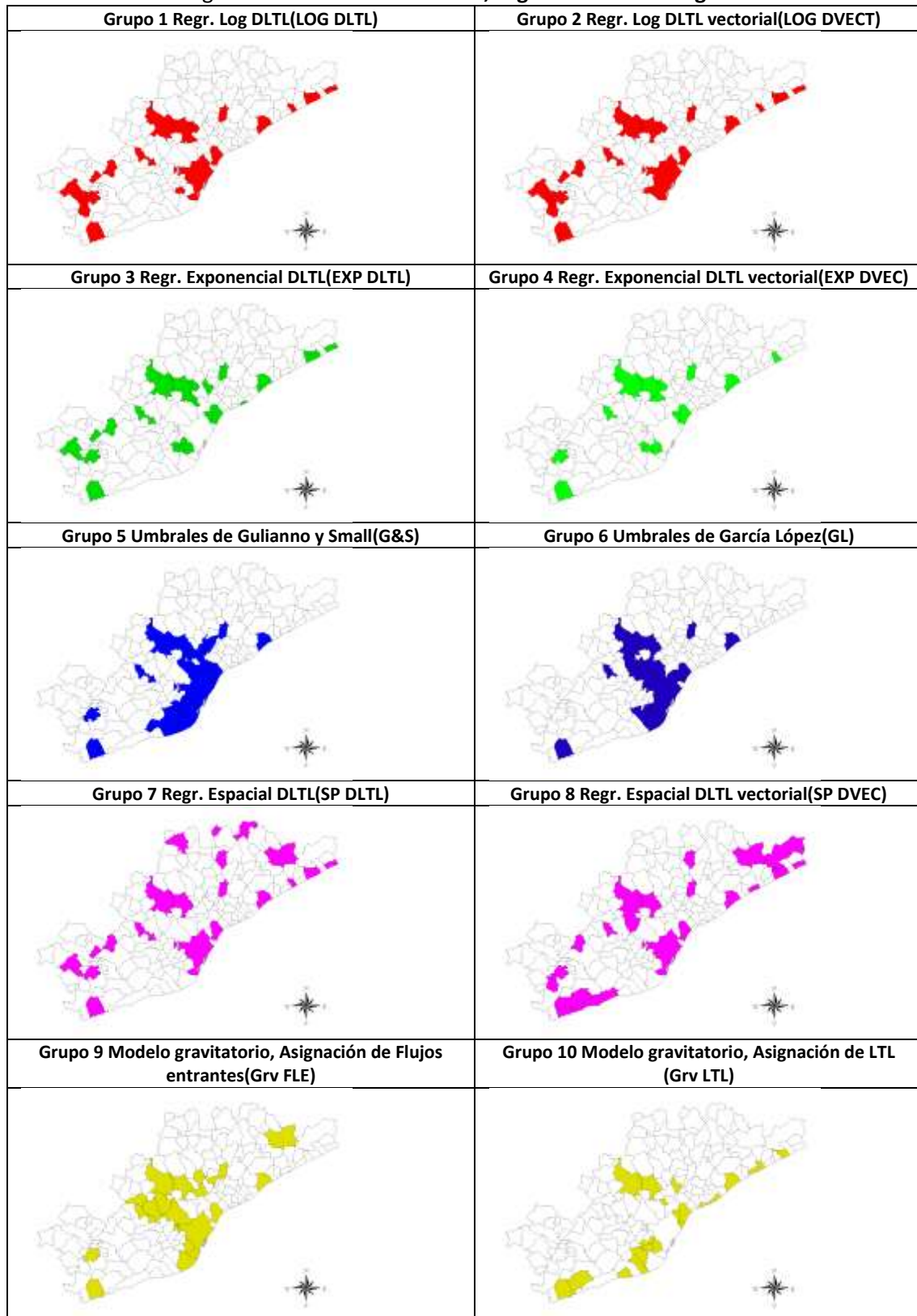
Familia	Nombre de trabajo	Método	Variante Base	Criterio de identificación
Densidad	Grupo 1 LOG DTL		Densidad de empleos	Municipios cuyos residuos positivos mayores a una desviación estándar
	Grupo 2 LOG DVECT		Densidad vectorial de empleos	Municipios cuyos residuos positivos mayores a una desviación estándar
	Grupo 3 EXP DTL		Densidad de empleos	Municipios cuyos residuos positivos mayores a una desviación estándar
	Grupo 4 EXP DVECT		Densidad vectorial de empleos	Municipios cuyos residuos positivos mayores a una desviación estándar
	Grupo 5 G&S	Umbrales	Densidad de empleos	D empleo > 25 empleos/ha y Empleos > 10.000
	Grupo 6 GL	Umbrales	Densidad de empleos	LTL superior al 1% del sistema Densidad mayor a la media del sistema
	Grupo 7 SP DTL		Densidad de empleos	Función exponencial(LN) negativa y residuos positivos mayores a una desviación estándar
	Grupo 8 SP DVECT		Densidad vectorial de empleos	Función exponencial(LN) negativa y residuos positivos mayores a una desviación estándar
Flujos de Movilidad	Grupo 9 Grv FLE	Modelo gravitacional restringido en origen	Flujos de trabajadores	Municipios que presenten más flujos entrantes que el modelo le asigna
	Grupo 10 Grv LTL	Modelo gravitacional restringido en origen	Flujos de trabajadores	Municipios que presenten más flujos entrantes que el modelo le asigna

Fuente: Elaboración propia con base en Roca, *et al.* (2010), Muñiz(2003), Aguirre (2009)

Al analizar los que son elegidos por menos de 5 métodos, se observa una formación en dos ámbitos, el primero, entre los subcentros anteriores y alejados, estos municipios alejados de Barcelona, son seleccionados por los métodos de movilidad y espaciales, ya que sus métodos han considerado el efecto que presentan sobre su entorno.

En términos teóricos, volviendo a la explicación de la Bid rent y asociado a una relación de renta y costo de transporte, se puede establecer que este efecto debería reflejarse en los valores inmobiliarios. Entonces, en primera instancia se pueden establecer dos hipótesis a probar: la primera es que, en términos estadísticos, **los precios de los grupos de subcentros son diferentes y mayores que los otros municipios**; y en un segundo lugar, que éstos ejercen una influencia sobre el valor de los municipios próximos.

Figura 1 Subcentros de la RMB, según el método elegido.



Fuente: Elaboración propia



Tabla 2 Candidatos a subcentros seleccionados, para más de 5 métodos

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7	Grupo 8	Grupo 9	Grupo 10	
<b>Municipio</b>	LOG DLT L	LOG DWECT	EXP DLT L	EXP DWEC	G&S	GL	SP DLT L	SP DWEC	Grv FLE	Grv LTL	Restamen
Badalona	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Mataró	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Sabadell	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Terrassa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Vilanova i la Gel	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Granollers	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	9
Martorell	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	9
Vilafranca del Pe	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	8
Cornellà de Llob.	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	7
Hospitalet de Llc	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	7
Calella	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	6
Pineda de Mar	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	6
Sant Andreu de l.	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	6
Malgrat de Mar	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	5
Sant Sadurní d'Ar	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	5
Santa Coloma de	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	5
<b>Totales</b>	<b>22</b>	<b>22</b>	<b>26</b>	<b>15</b>	<b>25</b>	<b>15</b>	<b>22</b>	<b>20</b>	<b>19</b>	<b>24</b>	

Fuente: Elaboración propia.

## B.- Estimación de los efectos en los valores, aproximación hedónica.

La aproximación de los valores residenciales se hace sobre la base de datos de CATSA a nivel de municipio, donde se separa según la antigüedad de bien inmueble y se entrega un valor medio por municipio para viviendas nuevas y usadas. Asimismo, se incorpora la información del censo de vivienda de INE de 2001, por tal de establecer las condiciones medias de la vivienda en esos municipios.

Antes de probar la hipótesis antes mencionada, se calculan los valores de correlación entre las densidades, los precios por tipo, y la distancia a Barcelona. En ese sentido, podemos observar que todas las correlaciones son significativas, aunque, sus valores son menores en las densidades que en los precios. **Por tanto, densidad, precio y accesibilidad son tres caras de una misma moneda.** En el caso de estudio, las curvas de distancia cuentan con una gradiente negativa, de observan diferencias. Los valores de densidad y precios, están correlacionados de forma positiva, pero en sus valores se observan anomalías importantes.

### i.- Comparación de medias entre subcentros y no subcentros.

La hipótesis es que los modelos de identificación permiten seleccionar municipios cuyos valores residenciales son estadísticamente distintos a los no seleccionados. Para cumplir con este análisis, se utilizará un análisis de varianza de un factor y la prueba no paramétrica de Wilcoxon-Mann-Whitney, ya que con este análisis se obvia que los conjuntos posean una distribución normal, lo que no es asegurable en los conjuntos de candidatos a subcentros. Los resultados (Tabla nº3) donde se infiere que sólo los candidatos seleccionados en los Grupos, 4, 5, 6 y 10, son significativamente diferentes a los no seleccionados. En la misma muestra los resultados para cada Grupo, del test no paramétrico de WMW, mantiene las relaciones de igualdad que se había obtenido en la prueba Anova, además de rechazar la hipótesis nula de similitud para el Grupo gravitatorio de flujos, por tanto, que los modelos más eficientes, para los precios, son el



Grupo exponencial gravitatorio, el de García López, Gulianno y Small, y ambos gravitatorios. Los grupos eficientes en discriminación de valores inmobiliarios, son el nº 4, 5,6, 9 y 10.

Tabla 3 Test de igualdad de medias.

ANOVA de un factor										
Grupo		Media aritmética	Varianza	Probabilidad	F	Valor crítico para F	Media Calculada	p-alue	95% rango	
1	Subcentros	1.083	61.574	0,2247	1,486	3,9006	1115,4	0,324	-1184	55,2
	No Subcentros	1.159	74.933				1153,5			
2	Subcentros	1.100	70.051	0,3689	0,812	3,9006	1115,4	0,511	-170	78,8
	No Subcentros	1.156	73.998				1150,8			
3	Subcentros	1.208	77.479	0,2196	1,519	3,9006	1215,5	0,124	-28,1	1202
	No Subcentros	1.137	72.346				1135,3			
4	Subcentros	1.289	37.662	0,0341	4,567	3,9006	1269,4	0,018	31,6	295,7
	No Subcentros	1.134	75.085				1129,9			
5	Subcentros	1.343	29.823	0,0341	16,89	3,9006	1362,2	0	146,2	337,1
	No Subcentros	1.112	73.329				1104,7			
6	Subcentros	1.374	27.122	0,0018	10,02	3,8955	1399,1	5E-04	109,9	346,7
	No Subcentros	1.148	73.390				1147,7			
7	Subcentros	1.057	49.691	0,0878	2,95	3,9006	1090,4	0,118	-210	22
	No Subcentros	1.163	75.978				1153,5			
8	Subcentros	1.181	64.903	0,563	0,336	3,9006	1153,9	0,726	-210	22
	No Subcentros	1.144	74.889				1144,7			
9	Subcentros	1.261	37.056	0,0522	3,825	3,9006	1242,7	0,023	19,1	243,6
	No Subcentros	1.133	76.593				1120,4			
10	Subcentros	1386	31.899	0,0001	16,54	3,8931	1399,1	0	135,8	345,6
	No Subcentros	1148	18.494				1147,7			

Fuente: Elaboración propia.

#### *ii).-Análisis de precios hedónicos.*

El modelo de precio hedónico se estimó considerando las condiciones de accesibilidad, de externalidades de ambientales urbanas y por último de condiciones socioeconómicas. Para la accesibilidad, se contó con la base de distancias entre municipios por carretera, con el CBD y posteriormente con lo subcentros identificados en cada grupo. Las condiciones ambientales urbanas, se contó con la información del Censo de 2001, donde se estipulan las condiciones de la edificación, en porcentaje para cada municipio, y las superficies obtenidas de las bases de datos de CPSV. Se modela la presencia de costa, con una variable dummy. Por último, las condiciones sociales se consideró el nivel de educación y la ocupación de los residentes según información del Censo. Como muchos de estos valores se encuentran altamente correlacionados, se realizan análisis factoriales para sintetizar lo más posible la información de los vectores sociales, reduciendo las variables mediante tres análisis factoriales de las variables asociados a la explicación de los grupos de trabajadores por cada municipio, a las características de los residentes según su formación profesional y las clases socio-profesionales, además de los valores de rentas medias y en valor medio del impuesto de a la renta para personas individuales. La variable explicada, es el valor medio por m<sup>2</sup> de las viviendas plurifamiliares nuevas de las

tasaciones inmobiliarias proporcionados por el CPSV, con base en la información de CATSA, a nivel municipal.

El procedimiento corresponderá a estimar una regresión base asociada en la accesibilidad, considerando solamente la distancia al CBD, obteniendo el modelo donde todas las variables sean estadísticamente significativas.

La regresión hedónica de precios medios, (tabla Nª 6) se acepta dado que sus estadígrafos son aceptables y resulta un modelo parsimonioso. Al modelo anterior, se le ha introducido la distancia de cada municipio al subcentro más cercano detectado mediante las diferentes metodologías explicitadas en la tabla Nª1, para probar nuestra segunda hipótesis se espera que mejoren los valores de ajuste, y que los coeficientes sean significativos, en particular el de la distancia a los subcentros. Las regresiones se resumen en la tabla Nª 7, donde se observa que la mayoría de las regresiones empeoran o en su defecto sus coeficientes no son significativos. Entre paréntesis, debajo de cada uno de los coeficientes, se muestran la “t values” (significancia).

El Grupo 4 (15 subcentros), determinado mediante una regresión exponencial paramétrica y la densidad vectorial, resulta ser el más robusto ya que aumenta su ajuste y además ambos coeficientes, el de la distancia al CBD y a los subcentros, son significativos. Los grupos 10 y 6, aumentan el ajuste respecto a la regresión inicial, pero ambos presentan problemas de multicolinealidad, por lo cual se rechazan.

Tabla 4 Modelo de regresión base variable dependiente valor de la vivienda

R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Ajustado	Std. Error	Durbin- sig	Watson
0.863	0.745	0.735	142.053	0.000	2.086

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5 Coeficientes de la regresión base y diagnósticos de significancia y multicolinealidad.

	Coeficientes no estandarizado			Pruebas de multicolinealidad			
	B	Std. Error	Beta	t	Sig.	Tolerancia	VIF
(Constante)	1412.956	44.64		31.652	.000		
Distancia a Barcelona (CBD)	-8.287	1.08	-.459	-7.635	.000	.457	1.896
Componente 1 Socio profesional Profesionales, directivos	88.551	14.14	.321	6.261	.000	.630	1.586
Zona de Costa	178.383	32.67	.246	5.460	.000	.817	1.223
Equipamiento por superficie municipal	8.731	5.78	.081	1.510	.133	.580	1.724
Componente 1_LTL Profesionales, Oficinistas, Adm.	37.221	15.84	.134	2.349	.020	.506	1.974

Fuente: Elaboración propia

Es interesante explorar las razones del por qué en los otros grupos de subcentros, no es posible estimar una regresión eficiente. Una de las hipótesis del modelo de regresión lineal

múltiple establece que no existe relación lineal exacta entre las covariables, en otras palabras, establece que no existe multicolinealidad perfecta en el modelo. Esta hipótesis es necesaria para el cálculo del vector de estimadores mínimos cuadrados, ya que en caso contrario la matriz de regresores será no singular. Es frecuente que entre los regresores exista una relación aproximadamente lineal, en cuyo caso los estimadores que se obtengan serán en general poco precisos, aunque siguen conservando la propiedad de lineales, insesgados y óptimos.

Tabla 6 Resumen de modelos por Grupo

	Constante		Distancia a BCN (CBD)	Distancia al subcentro más cercano	Test de multicolinealidad Para distancia mínima
	R <sup>2</sup>	k	$\beta$	$\beta_1$	
Base Inicial	0.735	1399.481	7.49	-	-
Solo distancia a con CBD		(36,893)	(-6,787)	-	-
Grupo 1	0.734	1396.36	-7.50	0.367	VIF= 1.572
		(33,873)	(-6,769)	(0,196)	Tolerancia=0.636
Grupo 2	0.734	1394.62	-7.50	0.575	VIF= 1.569
		(33,85)	(-6,733)	(0,308)	Tolerancia=0.637
Grupo 3	0.734	1394.50	-7.551	0.852	VIF= 1.720
		(35.047)	(-6.776)	(0.465)	Tolerancia=0.581
Grupo 4	0.746	1412.93	-7.41	-1.47	VIF= 1.033
		(35.101)	(-6.699)	(-1.999)	Tolerancia=0.968
Grupo 5	0.737	1324.23	-6.82	5.59	VIF= 11.40
		(29.095)	(-6.183)	(2.852)	Tolerancia=0.877
Grupo 6	0.740	1399.00	-5.93	-3.82	VIF= 2.831
		(37.213)	(-4.388)	(-1.954)	Tolerancia=0.353
Grupo 7	0.735	1374.01	-7.25	1.63	VIF= 1.210
		(28.871)	(-6.384)	0.887	Tolerancia=0.826
Grupo 8	0.737	1324.24	-6.82	5.59	VIF= 1.140
		(29.096)	(-6.183)	(2.853)	Tolerancia=0.877
Grupo 9	0.738	1387.08	-8.07	3.14	VIF= 1.502
		(30.584)	(-6.965)	(1.571)	Tolerancia=0.666
Grupo 10	0.742	1400.62	-7.45	-0.19	VIF= 2.141
		(35.263)	(-6.402)	(-0.1)	Tolerancia=0.467

Fuente: Elaboración propia

## Conclusiones.

La prevalencia del modelo de renta ofertada (*bid rent*) que establece un *trade off* entre la renta que se transfiere al suelo y los costes de transporte ha sido puesto a prueba en el escenario de una metrópoli policéntrica. Mediante 10 diferentes formas de detección de subcentros se ha probado en primera instancia, que la Región Metropolitana de Barcelona posee cierto grado de policentrismo, aunque el municipio de Barcelona tiene un papel preponderante en la concentración de empleo. Como era de esperar la proximidad a los subcentros parece tener un efecto positivo en el valor de las viviendas. Del conjunto de modelos hedónicos ensayados, únicamente el construido con los subcentros detectados por medio del análisis de la densidad vectorial siguiendo una expresión funcional exponencial negativa, por lo cual podemos considerar que son verdaderos subcentros.

Para investigaciones futuras, el desafío está en eliminar los problemas de multicolinealidad; e indagar con más profundidad sobre las repercusiones que tiene la existencia de subcentros, en el sentido, de que sería esperable que diferentes subcentros, especializados en diferentes actividades, creasen no sólo una distorsión en el manto de valores, sino verdaderos submercados residenciales en su entorno.

## Bibliografía.

1. Alonso, W. (1964), *Location and Land Use*, Cambridge, Mass., Harvard University Press.
2. Aguirre, C., Ramos, R., (2005), Impacto del ruido urbano en el valor de los departamentos nuevos: un estudio de precio hedónico aplicado a bienes ambientales. *Revista de la Construcción*, volumen 4, número 1, páginas 59-69.
3. Aguirre, C; Marmolejo C.(2009), "Effects of labor subcentres in urban property values. Case study of the metropolitan region of Barcelona".49th European Congress of the Regional Science Association International, *29-30 de Agosto*, Polonia. (Forthcoming).
4. Aguirre, C; Marmolejo C.(2009b), "Effects of labor subcentres in urban property values. Case study of the metropolitan region of Barcelona".*Architecture, City & Environment*, (Forthcoming).
5. Bertaud, A. (2002) *The Spatial Organization of Cities: Deliberate Outcome or Unforeseen Consequence?" World Development Report, Dynamic Development in a Sustainable World. Background Paper.*
6. Burns, M., Moix, M., Roca, J. (2001): *Contrasting Indications of Polycentrism within Spain's Metropolitan Urban Regions, Eighth European Estate Society Conference, Alicante, Junio 26-29.*
7. Coombes, M., Openshaws, S. (1982): *The use and definition of travel-to-work areas in Great Britain: some comments"*, *Regional Studies*, 16, 141–149.
8. Craig, S.G., NG, P.T. (2001) *Using Quantile Smoothing Splines to Identify Employment Subcentres in a Multicentric Urban Area*, *Journal of Urban Economics*, 49, pp. 100-120.
9. Fujita, M., Krugman, P, Venables, P.(2000), *Economía Espacial, Las ciudades, las regiones y comercio internacional"*, 1era Edición, Ariel Economía, Barcelona.
10. García-López, M.A. (2007): *Estructura Espacial del Empleo y Economías de Aglomeración: El Caso de la Industria de la Región Metropolitana de Barcelona*, *Architecture, City & Environment*, 4, pp. 519-553.
11. Giuliano, G., Small, K.A. (1991), *Subcenters in Los Angeles Region, Regional Science and Urban Economics*, 21, 163-182.
12. Gordon, P, Richardson, H.W.(1996), *Beyond Polycentricity. The Dispersed Metropolis, Los Angeles, 1970-1990, Journal of the American Planning Association*, Vol 62, nº 3, pp. 289-295

13. Heikkila, E., Gordon, P., Kim, J.I., Peiser, B., Richardson, H.W.y Dale-Johnson, D. (1989): What happened to the CBD-Distance Gradient?: land values in a polycentric city, *Environment and Planning A*, 21, pp. 221-232.
14. Marmolejo, C., Roca, J.(2006) : Hacia un modelo teórico del comportamiento espacial de las actividades de oficina. *Scripta Nova. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales*. Barcelona: Universidad de Barcelona, 15 de julio de 2006, vol. X, núm. 217. Recuperado. Octubre 2008
15. McDonald, J.F. (1987): The Identification of Urban Employment Subcenters, *Journal of Urban Economics*, 21, pp. 242-258.
16. McDonald, J.F.; McMillen, D.P. (1990): Employment Subcenters and Land Values in a Polycentric Urban Area: the Case of Chicago, *Environment and Planning A*, 22, pp. 1561-1574.
17. McDonald, J.F; McMillen, D.P.(1998) "Land values, land use, and the first Chicago Zoning Ordinance, *Journal of Real Estate Finance and Economics* Vol. 16, nº 2, pp. 135-150.
18. McDonald, J.F., McMillen, D.P. (2007), *Urban economics and real estate: theory and policy*, Blackwell, Malden MA, Boston USA. PP 640.
19. McMillen, D.P. (2003) Identifying Subcentres Using Contiguity Matrices, *Urban Studies* Vol. 40, nº 3, pp. 57-69.
20. McMillen, D.P. (2001): "Non-Parametric Employment Subcenter Identification", *Journal of Urban Economics*, 50, pp. 448-473.
21. McMillen, D.P. (1996): "One Hundred Fifty Years of Land Values in Chicago: A Nonparametric Approach", *Journal of Urban Economics*, 40, pp. 100-124
22. McMillen, D.P.; McDonald, J.F. (1997): "A Nonparametric Analysis of Employment Density in a Polycentric City", *Journal of Regional Science*, 37, pp. 591-612.
23. Muñoz, I, (2003) "¿Es Barcelona una ciudad policéntrica?"; Working Paper 03.09; Departament de Economia Aplicada; UAB.
24. Muñoz,I;Galindo, A.,(2005) Descentralisation, integration and polycentrism in Barcelona ,Working paper,05.12 del departamento de Economia Aplicada Univerdidad Autónoma de Barcelona.
25. Muth, R. (1969). *Cities and Housing*. Chicago: University of Chicago. Chicago, Illinois, Estados Unidos.
26. Roca J. (1988) "La Estructura de valores urbanos un análisis teórico-empírico, 1era edición, Instituto de Estudios de Administración Local, Madrid.

27. Roca, J. Marmolejo, C; Moix, M; (2010), "Estructura Urbana y Policentrismo. Hacia una redefinición del concepto", *Urban studies* (Forthcoming)
28. Roca, J.; Moix, M; (2005), "Cap a una nova organització territorial de Catalunya" Research paper, 5-2004, Centro de Política de suelo y valoraciones, Universidad Politécnica de Cataluña.
29. Redfearn, C.L. (2007): "The Topography of Metropolitan Employment: Identifying Centers of Employment in a Polycentric Urban Area", *Journal of Urban Economics*, 61, pp. 519-561
30. Shearmur, R.; Coffey, W.J. (2002): "A Tale of Four Cities: Intrametropolitan Employment Distribution in Toronto, Montreal, Vancouver, and Ottawa-Hull, 1981-1996", *Environment and Planning A*, 34, pp. 575-598.
31. Song, S. (1994): Modelling Worker Residence Distribution in the Los Angeles Region, *Urban Studies* 31, pp. 1533-1544.
32. White, M.J. (1976): Firm Suburbanization and Urban Subcenters. *Journal of Urban Economics*, 3, pp. 323-343.



## Capítulo 4: Artículo N°2 (C5)

El presente capítulo, presenta el producto de la investigación, la citación<sup>1</sup> es:

### Nombre del artículo (Cita):

Núñez, C.A., Duarte, C.M.; Identification of urban subcentres by means of land use, electric consumption and CO<sub>2</sub> production. The case of Barcelona Metropolitan Area (RMB);(2011) PLEA 2011 - Architecture and Sustainable Development, Conference Proceedings of the 27th International Conference on Passive and Low Energy Architecture, pp. 125-131.

Fecha de recepción; 10/09/2010 Fecha de aceptación 03/03/2011

Palabras Clave: Urban Subcentres, Urban use patterns, electric consumption, and urban structure

El link a la publicación es: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84864132871&partnerID=40&md5=5170065769042669f407bb61d9b5432b>

### Resumen:

*Read In urban economics theory, the activity index has been measured based on the quantity of workers in the zone and the land-use density. In general, most of the studies in the field of the urban land economics incorporate these indicators as input for evaluating the urban structure, the identification of urban subcenters and the definition of mobility patterns. Urban subcenters are territorial concentration of workers and in that sense; they define the urban mobility patterns over a metropolitan area. However, there are more possibilities to identify them.*

*This paper proposes a new definition of sub-centers. Density of workers is complemented with the observation of four approaches for the analysis of the Barcelona Metropolitan Area. These four approaches are the urban lands patterns (based on CORINE land cover information), the mobility of workers (from data of the Spanish Census), electric consumption (from information of the electric companies) and the estimated CO<sub>2</sub> production. Consequently, the urban structure will be defined based on these four approaches, which also will validate the previously defined 15 subcenters of the Barcelona Metropolitan Area.*

<sup>1</sup> Se mantiene la versión final de aceptación del artículo, en inglés, con la numeración de tablas y figuras, y formato de bibliografía, texto, solamente se transformó del formato de 2 columnas a una sola y se cambió la fuente original a la misma fuente de todos los capítulos



## “Identification of urban subcentres by means of land use, electric consumption and CO<sub>2</sub> production. The case of Barcelona Metropolitan Area (RMB)”

CARLOS AGUIRRE NÚÑEZ<sup>1</sup>, CARLOS MARMOLEJO DUARTE<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centre de policy land and valuation, ETSAB, University Polytechnic of Catalonia Barcelona, Spain. & Civil Construction School, Catholic University of Chile,

<sup>2</sup> Centre de policy land and valuations, ETSAB, University Polytechnic of Catalonia Barcelona, Spain.

### ABSTRACT:

*Read [JG](#), urban economics theory, the activity index has been measured based on the quantity of workers in the zone and the land-use density. In general, most of the studies in the field of the urban land economics incorporate these indicators as input for evaluating the urban structure, the identification of urban subcenters and the definition of mobility patterns. Urban subcenters are territorial concentration of workers and in that sense; they define the urban mobility patterns over a metropolitan area. However, there are more possibilities to identify them.*

*This paper proposes a new definition of subcenters. Density of workers is complemented with the observation of four approaches for the analysis of the Barcelona Metropolitan Area. These four approaches are the urban lands patterns (based on CORINE land cover information), the mobility of workers (from data of the Spanish Census), electric consumption (from information of the electric companies) and the estimated CO<sub>2</sub> production. Consequently, the urban structure will be defined based on these four approaches, which also will validate the previously defined 15 subcenters of the Barcelona Metropolitan Area.*

*Keywords: Urban Subcentres, Urban use patterns, electric consumption, and urban structure*



## INTRODUCTION

Since the Industrial Revolution, cities have developed based on the following guidelines: 1) urban growth (not necessarily contiguous in space and continuous in time), and above all, a change in their spatial structure. In the latter regard, it has occurred emergence of the CBD (central business district, in the acronym) and post industrialization debacle [1]. Under the model monocentric, characterized by a clear dominance of the CBD in terms of concentration of employment, flourished the main theories urban economy, highlighting the income offered (bid rent), which inversely related (trade-off) the income locators are willing to transfer to the ground and transport costs (Including the value of time). So more locations accessible, i.e. the most central, are precisely those whose lands receive more income (i.e.: where you create the highest point land value).

The current paradigm of metropolitan urban systems is monocentric model away abysmally in the meantime:

The non-CBD tends to concentrate as much of metropolitan employment; other employment or is dispersed or agglomerated sub which is attracting potential differential. The gradual emergence and consolidation of complex systems, in partly dispersed and polycentric, has taken a place as development lines of cities in the last decades of the twentieth century. This agglomeration is based on the concentration of economics factors, such as capital labour and technology, which are basis input for dynamic structuring of the territory. This work seeks to relate these dynamics metropolitan watching environmental standards, such as electricity consumption, land use and the estimation of CO<sub>2</sub> production.

### State of the art

A subcentre is a point in the metropolitan area characterized not only by having a density significantly higher than the workers of their neighbours, but above all, by being able to exert an influence on their surroundings. This influence can be reflected by the flow of workers and shoppers who visit him from their residences, or by a modification of the mantle value and intensity of land use around it. A subcentre, should also be a reference point in the territory with an identity that can be recognized for their neighbourhood, but not incorporated the environmental aspect for this urban structure.

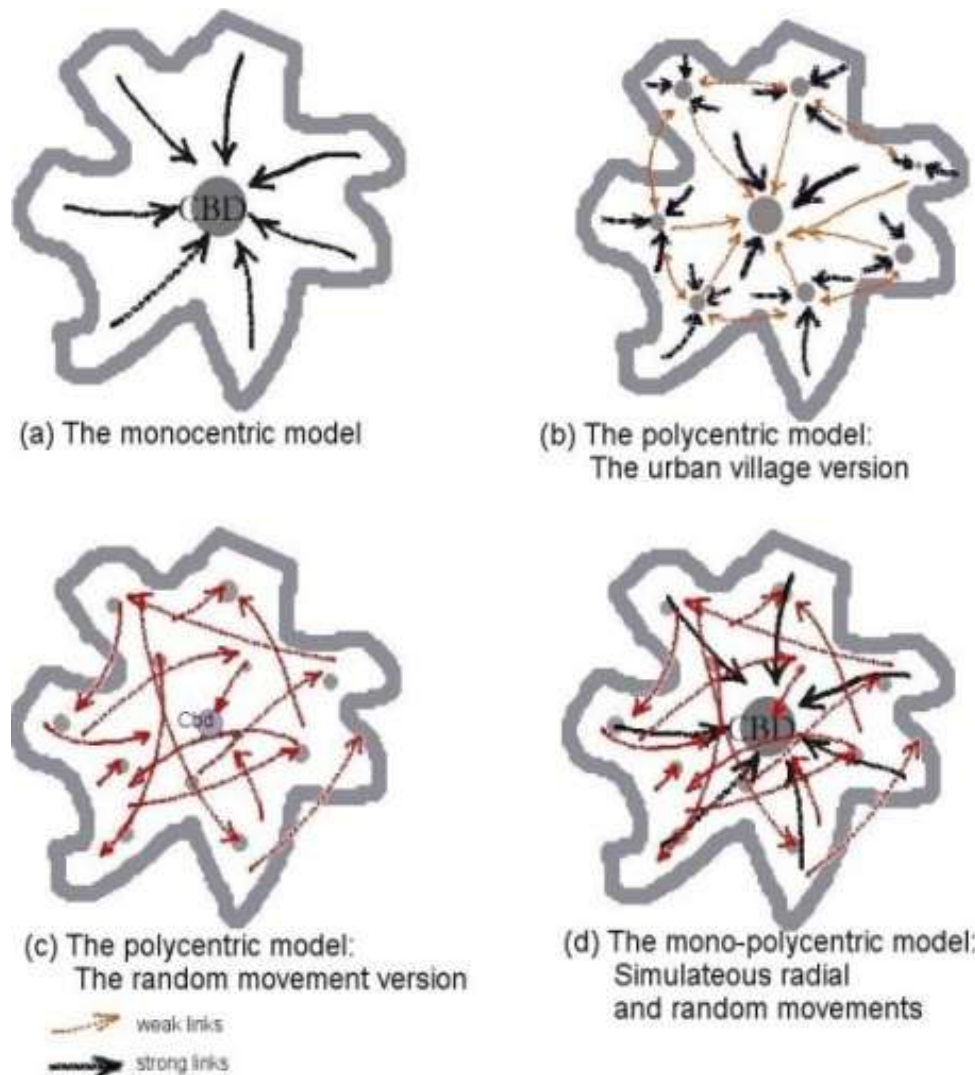
Since the early spatial models such as Von Thunen, 1826, to those of Krugman and Fujita, self-organization of space has been raised through the integration of three closely interrelated processes, namely:

- 1) The formation of spatial rent of land,
- 2) The configuration of land uses, and
- 3) The intensity of use of space.

Value, use and density are, therefore, the three sides of a coin, in which background underlying transport costs and time spent to overcome space and agglomeration externalities, as emergent property, arising from the concentration of locators. In this sense Bertaud [2] has emphasized that the forces that form and maintain the subcenters are related to the efficiency and effectiveness of the transport system.

Bertaud [2] raises the differences between the monocentric and polycentric cities depending on the level of replacement or substitute destination travel patterns required, and no city is 100% 100% monocentric or polycentric. In an attempt to define a theoretical classification, in 4 groups:

Figura 1 : City models.



Source: Bertaud (2002)

1. A city with a preponderance of the CBD and subcentres identified, most trips are focused on from the periphery to the CBD. This category would monocentric city.
2. A city where the CBD and subcentres exert strong bonds of attraction for workers and there is attraction between the subcentres itself, but to a lesser degree.

3. A city based on a polycentric system equipotential, where there is a preponderance of the CBD with regard to the subcentre, nor among the latter. This category would be the polycentric city.

4. A town halfway between the monocentric and polycentric. This model is not well defined hierarchies, the CBD maintains its hierarchy attracting travel, but also subcentres compete with him, but not are equipotential.

From this standpoint, the methods of identification and validation of sub-centres, should be sufficiently robust to establish these hierarchies and further enable this potential difference is considered in its validation

In the literature there are two families of methods designed to detect sub-working (see the excellent state of the art made by Muñiz, 2003, Roca et al. 2010, and Aguirre 2011)[1][3][4]. The first analysis of the density distribution (eg : jobs / urban area) and the second is functional and is based on analysis of mobility (eg home-work). Both paths are converging, as they realize the same phenomenon, but with particular qualifications.

Roca, Muñiz and Aguirre [1][3][4] established a classification of methods based on the criteria for identification, since the functions of density, but in both cases differ in their analysis by different approximations. While Muñiz [3] finds that Barcelona is a polycentric city and presents the risks of expansion without exerting a critical analysis of the models, Roca and Aguirre [1] presents a striking conclusion to associate the identification of subcentres based on the mobility between home and work.

In a critical review of the state of the art, is:

1. In the first instance, although the density of employment and labour flows are two sides of the same process, both qualitative aspects provide different information, the first reports, the intensity of use of space destination, while the second force to join the destinations and origins. Both families have analysed these aspects stagnation and few efforts have been made to generate mobility-density combined criteria.

2. The specialization of the methods is also a subject of controversy. While it is an advantage that technique, including econometric models, it is very difficult to apply to several different realities. In fact, McMillen[5] acknowledges that the fashion method Gulianno and Small[6] or Garcia Lopez[7], is the easiest to use when you want to compare cities.

3. The treatment aggregate density of workers that do not allow to observer who worker arrive from other locations. That density that is generated endogenously by the employed population that is working on the same site (resident workers ) for this reason we can't, by this treatment added to distinguish the locations that are dense because they attract a significant flow of workers, yet retain a significant amount (subcenters mature structure the territory), those which are dense without attracting practically flows (e.g. a military barracks, i.e. accidents density

without structural relationships with surrounding) or those that are dense or have no retaining its resident population (for example, an industrial area)

4. - In all works from the urban economics, classic, does not consider the environmental aspect in order to identify or validate the urban subcentres, in these terms, the industrial agglomeration and the economic agglomeration are important of the central values.

As it has been show in the first part, in the field of methods based on density, efforts have been taking into de account to develop econometric models that progressively have gained robustness. In this context outstands the use of spatial models allows to consider the geographical interdependencies. From the perspective of thresholds the development has not been quite different, since cut-offs have been modified in order to get results coherent with aprioristic hypothesis of subcentres. Nevertheless the object of analysis (i.e. employment density) has received little attention, main criticism arises on the “aggregated treatment” of density: this simplification do not allow to distinguish the density generated by the workers that arrive from other zones (in commuters), from that density that is endogenously generated, it is to say, resident population that works in the same place where they live (resident workers). For that reason, using the normal or aggregated density, it is not possible to distinguish those municipalities that are dense because attract commuters and, at the same time, retain resident workers (mature subcentres with implications on the territorial structure), from those that are “accidentally” dense without having important attraction flows (employment peaks without functional relations with neighbouring municipalities), and from those that are dense but are not able to have population or retain resident workers as it is discussed below.

From a urban perspective it would be expectable that subcentres, beyond employment peaks (including those that are dense because import workers), were truly (perhaps modest) alternatives to CBD as it has been suggested by McMillen [8 “Large subcenters can be considered remarkably similar to a traditional central business district (CBD), with thousands of workers employed in a wide variety of industries.”; and McMillen [9] “The diversity of business types may be lower than in the city, but large subcentres sometimes appear to mimic the diversity of CBDs”. Besides a metropolitan subcentre should have a given number of features as:

Diversity in its economic structure, subcentres should be places that reinforce complex networks of cooperation, complementarily and competence [10] Diversity understood as complexity, it is to say a group of discrete variables with a significant content of information, about its abundance and interactions [11]

Concentration of central activities as retailing and office based activities, namely those activities that produce (by means of their market areas) hierarchical relations on the territorial area [12], activities that produce territorial linkages based on services and good distribution [13]. In these terms, the realist approaches to validate the subcentres are doubling attractive as a place to work and live. As it is evident, such characteristics are consubstantial to the concept of metropolitan subcentre in the paradigm of European Mediterranean metropolises, which is quite far from the North American urban paradigm [14] where have been envisaged the methods to detect subcentres. The gap increases when it is realized that an important part of subcentres in European metropolises are product of functional integration of ancient cities which were originally independents in labour market [3][4]

In contraposition, those zones that do not have these features (e.g. a manufacturing industrial area or a suburban office park) cannot be accepted as metropolitan subcentres in the paradigm above said, although it should be recognized as simply employment subcentres. As a consequence, simply employment concentrations are more closed to the concept of suburban than to the concept of what urban means [15]. It is to say are more close to the urbanization without out the capacity to give structural cohesion to the territory. According to Salvador Rueda [12] a suburban is “A simplified organizational stage with an elevated consumes of resources”, a stage with a scarce entropic level. Even the concept of Edge City proposed by Garreau [16] might be close a what conceptually is an emergent metropolitan subcentre: a non-central zone, that having more employment than residents, is economically diversified, since it combines qualified office activities, with consume centres, where specialized and sophisticated goods and services (e.g. art galleries) are offered; also it can be recognized as a “place” as defined by Silvestro & Roca [17]. Definitely, the city depends on the existence on qualified simultaneity and meeting “places” [18]

This paper deals to related these dynamics of metropolitan considering environmental standards which are: Electricity standards, land used and estimation of CO<sub>2</sub> production.

### The case, methods and data

Our case study is the metropolitan area of Barcelona; this has 164 municipalities, 3,200 square kilometres, 551 square kilometres artificial. We carried out a cross to the information of workplaces are located at the level of municipalities, (denominated Working places<sup>2</sup>) obtained based on the mobility of labour found in the Census of Population and Housing, conducted by INE in 2001.

A set of subcentres has been identified [4], in this study conducted for the vectorial density workers and the parametric exponential methods.

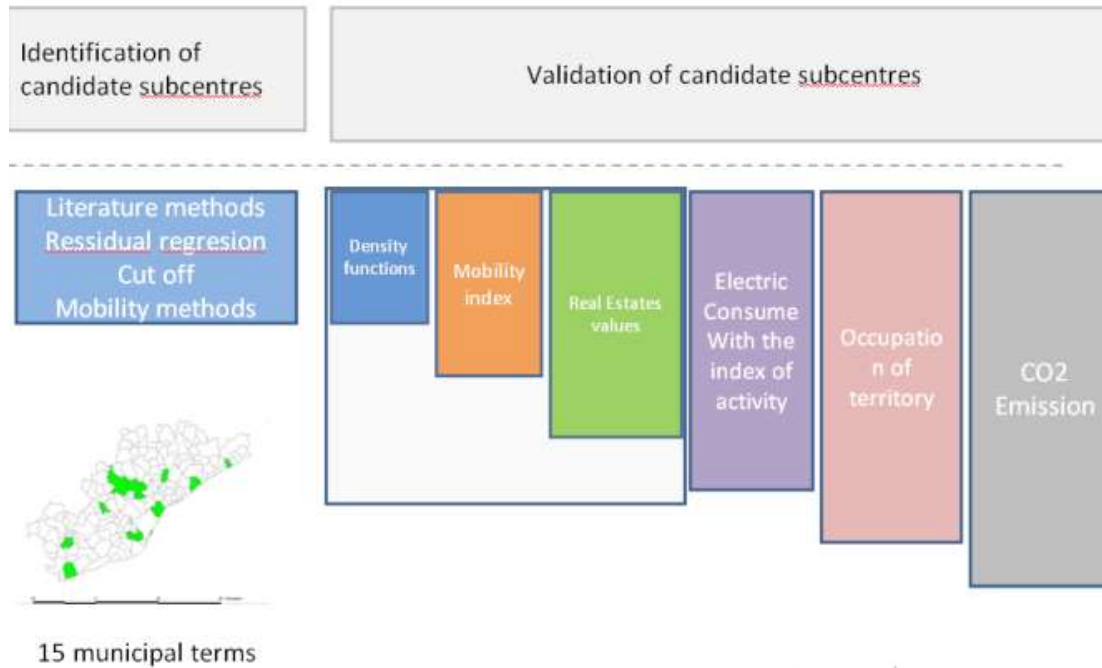
The data collections have taken place from different sources, including the urban land use from the CORINE land cover from 2000, the electric consumption data of different economic activity in to the city has been gathered from the enterprises in charge of electric distribution of the Metropolitan area of Barcelona All data existing are the zone of work to 158 municipals continues; defined the centre business central is Barcelona borough.

### Discussion

In a first step, building a GIS database of existing information, considering the number of workers values, land uses, and electricity consumption per year (prorated per day).

<sup>2</sup> L.T.L., “lugares de trabajo localizados”, in Spanish

Figura 2 General model validation subcenters



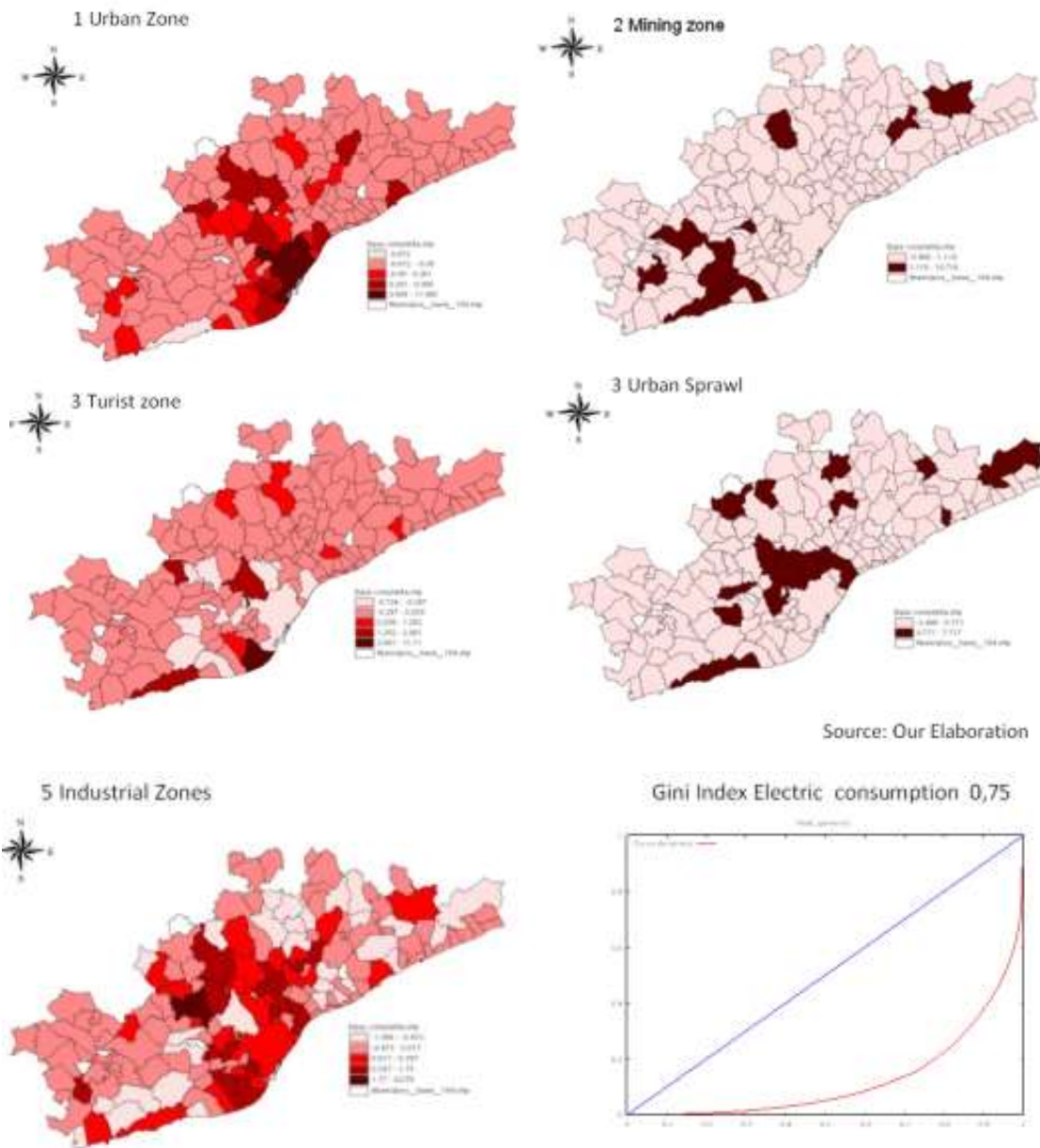
It takes as a working hypothesis the expansion of established Aguirre and Marmolejo [4], which already incorporates the concepts of density above the curve emerging benchmarks monocentric, explanation labour mantle density, mobility and land prices as main factors for validation. For this work, as shown in Figure 2.

Following this pattern, there are three ways to analyse data, define usage patterns of electricity consumption and land use, regression analysis of the electric and coefficients of localization of activities, and finally a cluster analysis of the municipalities as power consumption parameters of the municipalities, as a measure of size or amount of activity.

Patterns of use, is considered an array of municipalities with land use as Corine, (the code artificialized 1 soil), the power consumption of the 17 Activities sectors identified for INE, adding residential consumption and street lighting. We performed a principal components analysis which delivers 5 significant components. The component number 5, summarizes the structure of industrial, commercial and compact metropolitan areas.



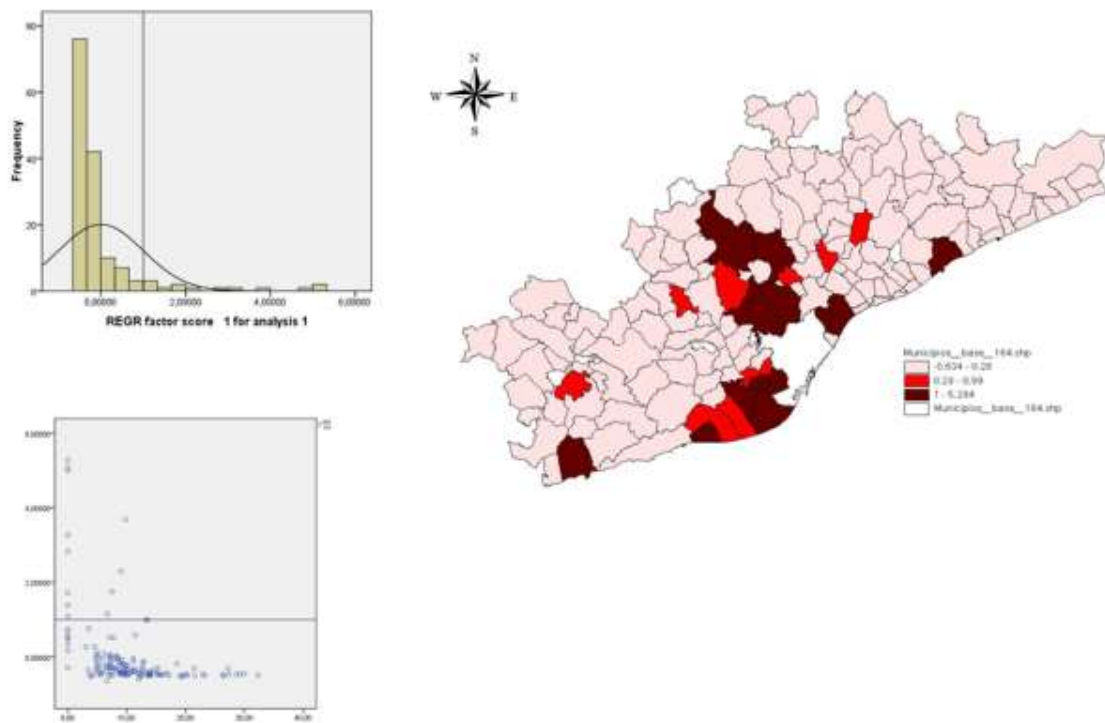
Figura 3: Analysis of component 1 of the industrial / commercial and compact land use and electrical consumption.



Source: Our Elaboration



Figura 4: Analysis of component 1 of the industrial / commercial and compact land use and electrical consumption.

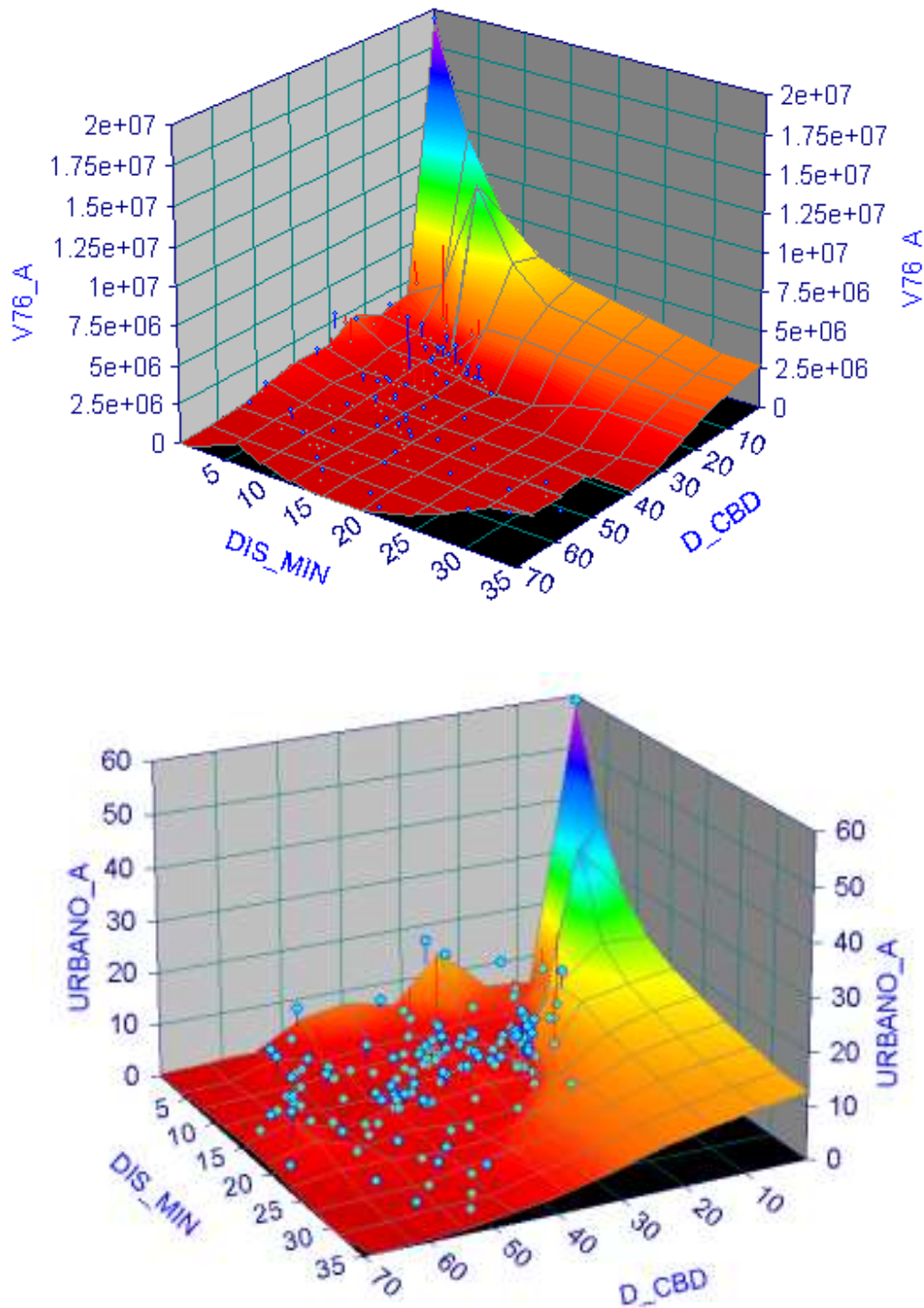


This component is obtained with an excellent measure of centrality and also of the sub. While this allows the identification of sub-centers, however, fails to differentiate the sub near the CBD or the more mature subcentre.

In the second analysis consisted in estimating a parametric model that takes as a working hypothesis that the distance to the CBD and subcenters are inverse exponential relation to consumption of urban land, as well as the value of electricity consumption. In that sense, we take two ways, first is the estimation of a functional form that explains the separate values and a second which explains in an equation by OLS, the municipal electric consumption, incorporating different categories of land use and distance to the CBD and the subcentres.

For the sub is validated, it is expected that the distances in both cases are significant and they do not have multicollinearity with the other factors.

Figura 5 Estimated areas for both variables



In the first approach, establishing two curves adjustment with good results, showing in Figure 3, the sub locations to effectively raise the curve in a positive way. However, there is subcentre segmentation, between different types, which has not been captured by this analysis. In itself,

the industrial estates should have greater presence in electricity consumption and not balanced with the sub mature, or combination of activities.

In the second analysis, Table 1 is the OLS estimation, where the equation has an adjusted Pearson coefficient 0.622; the coefficients are significant and industrial use only a small amount of multicollinearity

Tabla 1 Ordinary least squares regression for the natural logarithm of the municipal electricity consumption

	$\beta$	t	VIF
Constant	12,24	44,44	
% land Industry	0,752	8,49	2,22
% land Construction	1,739	2,09	1,14
% land Systems	-0,443	-2,67	1,76
%land Minery	0,677	2,26	1,07
Distance of CBD	-0,017	-2,55	1,49
Distance of Subcentre	-0,056	-3,88	1,38

The third analysis is for the estimation of an equation that seeks to explain the aggregate output of CO<sub>2</sub> per municipality. While it is a first approximation, in future work we hope to develop, analyse a level the fees for different types of occupations.

In analysing, “the spatial mantle”<sup>3</sup> of CO<sub>2</sub> production at the municipal level, it appears that several sub municipalities raise and deform the plane obtained, as also the municipalities surrounding the sub act as major irregularities, which leads us to establish that the measure aggregate production of CO<sub>2</sub> is undoubtedly a summary measure of the occupation of territory in terms of employment, residence and tertiary economic activity. While this is not new, it is possible to establish measures to measure this impact.

By taking the values separately, and make an analysis of main components to the municipal value, obtain the synthesis of variables in a single component, which in turn, to be incorporated into a thematic map, it allows simple cuts thresholds, definition of employment subcenters and their satellites. However, this analysis is quite limited, when looking at the coastal town, near Barcelona, with a high tourist attraction and commercial (area of Castelldefels and Sitges, for example).

<sup>3</sup> Or distributing spatial of CO2 estimated

Figura 6 Mantle estimate of CO<sub>2</sub> production, explained by the distance to the CBD and sub centres municipalities

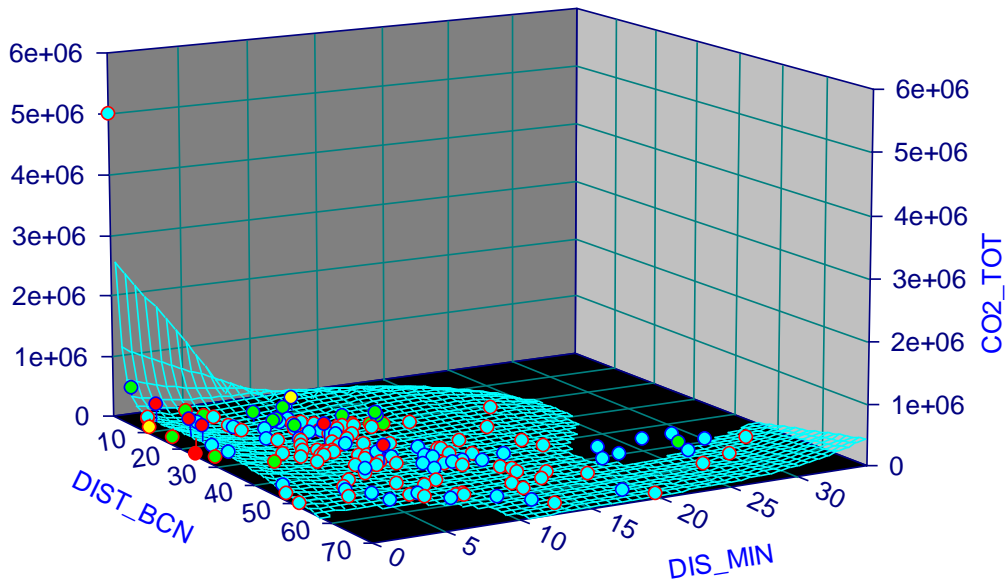
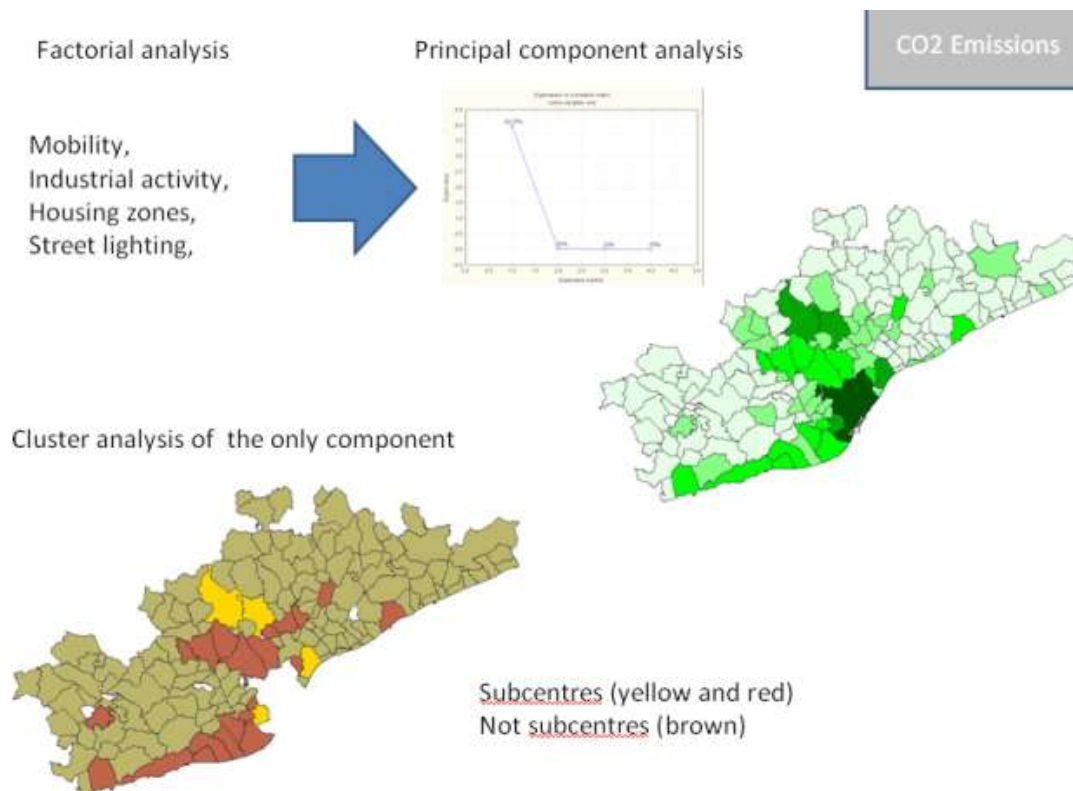


Figura 7 CPA, from the components of estimation of CO<sub>2</sub> production.



## CONCLUSION

While the economic literature has not considered quantitatively mobility and environmental aspects, these by themselves, allow the validation of subcenters, but not so identified. It is important to establish that the obtained models belong to the Barcelona metropolitan region, with, in all studies on it, a polycentric composition, making it necessary extrapolate this analysis, as far as available data allow more monocentric realities.

Also, the new aspects are important to the consolidate theory of the urban structure, and the creation of the political framework to aboard this metropolitan themes.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This work is a product of doctoral study stay in Louvain-la-Neuve, conducted between Februarys to May of 2010, from the European space of superior education. In that sense, it appreciates the support of my partner and friend Felipe Encinas, for the appropriate criticism of the results, as in the exploration of suitable techniques, to professor André de Herdé, who welcomed the large research group Architecture, and Climate, UCL, and a lot specially to my friend professor Waldo Bustamante, for their support constant, and finally to the entities that have funded my PhD project.(Government of Chile, and the program Becas President of the Republic by Conicyt, and the School of civil construction Catholic University of Chile).

Also, the greetings of the Centre of land policy and valuation of the UPC, for all support, specially to Josep Roca Cladera and Carlos Marmolejo D. My great thanks to the all team of Architecture and Climate (UCL), and the Chilean community in LLN.

## REFERENCES

1. Roca, J. Marmolejo, C; Moix, M; (2009),” Urban Structure and Polycentrism: Towards a Redefinition of the Sub-centre Concept ”, *Urban Studies*, Vol 46 -Issue 13 - pages 284.
2. Bertaud, A. (2002) “The Spatial Organization of Cities: Deliberate Outcome or Unforeseen Consequence?” *World Development Report, Dynamic Development in a Sustainable World. Background Paper.*
3. Muñiz, I., Galindo, A. & García-López, M.A. (2003): “Cubic Spline Density Functions and Satellite City Delimitation: The Case of Barcelona”, *Urban Studies*, 40, pp. 1303-1321.
4. Aguirre, C, Marmolejo C;(2009) “El impacto del policentrismo sobre la distribución espacial de los vales inmobiliarios: un análisis para la Región Metropolitana de Barcelona”; *Revista de la Construcción*, (Forthcoming)
5. McMillen, D. (2003): “The return of centralization to Chicago: Using repeat sales to identify changes in house price distance gradients”, *Regional Science and Urban Economics*, 33, 287-304.
6. Giuliano, G. & Small, K.A. (1991): “ Subcenters in Los Angeles Region”, *Regional Science and Urban Economics*, 21, 163-182.
7. García-López, M.A. (2007): “Estructura Espacial del Empleo y Economías de Aglomeración: El Caso de la Industria de la Región Metropolitana de Barcelona”, *Architecture, City & Environment*, 4, pp. 519-553.

8. McMillen, D.; Smith, S. (2003) "The number of subcenters in large urban areas" *Journal of Urban Economics* nº 53, pp. 321-338.
9. McMillen, D. (2003): "Employment subcentros in Chicago: Past, Present and future" *Economics Perspectives*, 2Q/2003
10. Rueda, S. (1996); "Marco general de desarrollo sostenible aplicado a casos de buenas prácticas en medio ambiente urbano". En *Ciudades para un futuro sostenible. Habitat II. Primer catálogo español de buenas prácticas. Vol I, MOTPMA, Madrid.*
11. Margalef, (1991) "Teoría de los sistemas ecológicos", 1era Edición, Ediciones Universitat de Barcelona, Barcelona.
12. Nel·lo, Oriol : (2001) "Ciutat de ciutats". Barcelona, Ed. Empúries.
13. Berry, B.; Garrison. W.; (1958): "The Functional Bases of the Central Place Hierarchy." *Economic Geography* 34: 145-154.
14. Dematteis, G. (1998). "Suburbanización y periurbanización. Ciudades anglosajonas y ciudades latinas", en "La ciudad dispersa", Editado por F. J. Monclús, Centro de Cultura contemporánea Barcelona, Barcelona.
15. Keating, L. (2001) "Atlanta: Race, Class And Urban Expansion (Comparative American Cities)", 1era edition, Temple University press, Philadelphia, EEUU.
16. Garreau (1991) *Edge City: Life on the New Frontier*. Doubleday & Company .New York, Edition, 576 pages.
17. Silvestro, J.M., Roca, J. (2007) La ciudad como lugar. ACE: architecture, city and environment [on line]. 2007, vol.1, núm. 3. P. 400-411.
18. Lefebvre, Henri (1969) "Sociología de Marx." Traducing by: Juan Ramón Capella. Barcelona: Editions Peninsula.. 184 p.



## Capítulo 5: Artículo N<sup>o</sup>3 (A3)

El presente capítulo, presenta el tercer artículo producto de la investigación, la citación<sup>1</sup> es:

### Nombre del artículo (Cita):

**MARMOLEJO, C.; AGUIRRE, C. y ROCA, J.. *Revisiting employment density as a means to detect metropolitan sub-centres: an analysis for Barcelona and Madrid. A: "ACE: Architecture, City and Environment", Octubre 2013, vol. 8, núm. 23, p. 33-64. DOI/10.5821/ace.8.23.2596***

URI <http://hdl.handle.net/2099/13959>

Fecha de recepción: 6-2-2013 Fecha de aceptación 15-7-2013

Link: <https://revistes.upc.edu/index.php/ACE/article/view/2596>

Palabras Clave: Polycentrism, new urban economy, metropolitan structure.

### Resumen:

Polycentrism is seen as a desirable model of metropolitan structure. The starting point in its study rests upon the conceptualisation and identification of sub-centres. The hegemonic family of sub-centre identification is based on the analysis of density. Huge efforts have been devoted to achieving statistically robust models, but little attention has been paid to the conceptualisation of density itself. This paper presents a different approach to calculating density through the introduction of basic elements of mobility and placing priority on sub-centres as those municipalities that are closer to the urban paradigm of central-cities in southern-Europe —they are attractive both for living and working. The analysis in Barcelona and Madrid suggests that compound-density allows for selecting what local experts would define as a sub-centre, discarding most dormitory, adjacent-to-CBDs and small municipalities, found by classical density. Furthermore, compound density sub-centres are denser, they contain more central activities and are strongly linked to other municipalities.

---

<sup>1</sup> Se mantiene la versión final de aceptación del artículo, en inglés, con la numeración de tablas y figuras, y formato de bibliografía, texto, solamente se pasó del formato de 2 columnas a una sola y se pasó a la misma fuente de todos los capítulos





# ACE 23

Electronic offprint

Separata electrónica

## REVISITING EMPLOYMENT DENSITY AS A MEANS TO DETECT METROPOLITAN SUB- CENTRES: AN ANALYSIS FOR BARCELONA AND MADRID

CARLOS MARMOLEJO DUARTE, CARLOS AGUIRRE NÚÑEZ AND JOSEP  
ROCA CLADERA

Cómo citar este artículo: MARMOLEJO, C.; AGUIRRE, C. y ROCA, J. *Revisiting employment density as a means to detect metropolitan sub-centres: an analysis for Barcelona and Madrid* [en línea] Fecha de consulta: dd-mm-aa. En: ACE: Architecture, City and Environment = Arquitectura, Ciudad y Entorno, 8 (23): 33-64, 2013. DOI: 10.581/ace.8.23.2596. ISSN: 1886-4805.

ACE

Architecture, City, and Environment  
Arquitectura, Ciudad y Entorno

Journal of the Centre of Land Policy and Valuations | Polytechnic University of Catalonia and of The Thematic Network Architecture, City and Environment

## 1. Introduction

Changes in metropolitan areas characterized by the dispersion and concentrated decentralization of employment and population, have led to a specialized line of research into polycentric urban systems (Dematteis, 1998; Anas et al., 1998; Kloosterman & Musterd, 2001b; Cattán, 2007). The topic is of obvious interest because a perfectly polycentric system would offer the two major economic advantages of urban systems: the presence of agglomeration economies, which result in increasing returns for companies, and a potential reduction of transport costs (including time), which lead to a reduction in salaries and land rent (McMillen & Smith, 2003; McMillen, 2003c; McDonald, 2009). Moreover, this urban model would have social and environmental benefits arising from an improvement in transport planning (McMillen, 2001b) and a drop in commuting (Gordon et al. 1986) if the network were designed to connect sub-centres (McMillen, op. cit). In theory, polycentric systems offer the benefits of large and medium-sized cities (McMillen and Smith, op. cit.) by combining the advantages of traditional centralized cities with a decentralized spatial configuration (McMillen, 2003b). Moreover, Champion (2001) has envisaged the existence of a relationship between this form on spatial arrangement and the so called second demographic transition (i.e. ageing, non-family households, and the rise of ethnic communities), in which polycentrism would facilitate the daily dynamics of such emergent demographic model.

The European Spatial Development Perspective (ESDP), agreed in 1999, proposes the promotion of polycentrism as a European Union central policy. At a continental scale polycentrism is understood as the promotion of alternative centers, outside the so-called *pentagon*, but at a regional level, the polycentric notion is associated with a concentrated-decentralization from central cities to emergent ones functionally linked amongst themselves, but not necessarily contiguous to one another.

Nevertheless, in studying the polycentrism of metropolitan regions in order to promote it, or analyze its efficiency, one crucial issue remains to be solved i.e. how to measure the level of polycentricism. In this respect some authors (Gordon and Richardson, 1998 Giuliano and Redfearn, 2005) have suggested the percentage of employment located in sub-centres in relation to that spread out throughout a wider territory as an indicator of polycentrism. Others have suggested the level of influence of sub-centres on the structure of their surroundings (McMillen, 2001a; Muñiz et al., 2003). So the starting problem, in the measure of polycentrism, is the detection of sub-centres. This paper seeks to make an advance in this field through conceptualizing the notion of a sub-centre and finding indicators capable of detecting them.

According to McMillen “a reasonable working definition of a sub-centre is a location<sup>2</sup> with significantly larger employment density than nearby locations that has (2) a significant effect on the overall employment density function” (McMillen, 2001: 448-449). While this latter conceptualization derives directly from the *standard urban model* (i.e. that based on the bid rent theory) and performs well when detecting dense employment zones departing from relatively small

---

<sup>2</sup> Defined by the metropolises of London, Paris, Milan, Munich and Hamburg. In this respect the ESPON 1.1.1 and ESPON 1.4.3 projects have tried to create a quantitative measurement of the extent of policentricity based fundamentally in a morphological (i.e. size and spatial distribution of FURs inside UE countries) approach Meijers (2008).

areas such as census tracts (or even districts within a city), it does not suffice, when what is pursued is the identification of more complex centralities or mature subcentres, some of the resulting from the integration of formerly independent nucleus.

In the literature huge efforts have been devoted to achieving statistically robust models of employment density, but very little attention has been paid to the conceptualization of density. The simply notion of a statistically dense location does not guarantee that the previously stated metropolitan sub-centre conditions are meet. It is necessary, therefore, to revisit the employment density to see if it is possible to make a distinction between simple employment concentrations and more complex centralities or mature subcentres.

The aim of this study is to advance towards an alternative means of calculating employment density by introducing elements of metropolitan mobility in the context of the identification of metropolitan sub-centres. Of course, we do not intent to give a definitive solution, but mainly to centre the researchers attention on the fact that employment concentration is not the only attribute of central cities, nor should be of alternative to CBD centres.

The remainder of the paper is organized as follows: i) first the theory on density formation and derived empirical methods to detect sub-centres are discussed; ii) a critical analysis of employment density used by the aforementioned methods in the framework of what in the context of this paper is considered to be a metropolitan sub-centre is presented; iii) some proposals for computing compound density are devised and by discarding some of them one is given priority; iv) the efficiency of prioritized compound density is tested in the two largest (but structurally different) Spanish metropolises; and v) the results are placed in perspective in the final remarks.

## 2. Density formation and methods used to identify intrametropolitan sub-centers in literature

### 2.1 Theory subjacent in density formation

For urban economists density is an essential feature of urban economy, since frequent contact between different economic activities is feasible only if firms and households are concentrated in a relatively small area (O'Sullivan, 2007).

The standard urban model as shaped by Alonso (1964), Muth (1969) and Mills (1972) with roots in the pioneering work of Von Thünen (1826) and Laundhardt (1885) is the theoretical framework behind the formation of urban densities. This model, originally conceived for a monocentric city, explains that in achieving locational equilibrium households bid for land according to costs saved in commuting. Thus the closer the place of residence to the CBD (where all employment is supposed to be located) the higher the rent transferred to land (which capitalises into higher prices), resulting in a land rent gradient. It is the existence of land rent gradients that underlie the formation of density in a competitive market scenario. If it is considered that house builders invest capital in land and building when developing a site, and constant returns per unit of land are relaxed (i.e. once substitution between land and building cost is allowed), house builders economise on the use of land in more central locations where prices peak. In optimizing developments, they add more building capital per unit of capital invested on land, i.e. they build multi-story structures instead of low rise ones, resulting in a density gradient following that of land prices. Of course the parallelism between rent and density gradients depends upon the elasticity of substitution between land and capital (Kau & Lee, 1976). In this way the willingness to pay for job-accessible locations is the mechanism lying behind land rent and density gradients.

Mills and Hamilton (1984) demonstrated, starting from the monocentric city model, that under certain constraints, such as Cobb-Douglas's production function for housing, users with identical tastes and income and unit price elasticity of demand for housing, density gradients adopt a negative exponential function. According to McDonald (1987) excellent review it was Stewart (1947) who apparently first empirically used the negative exponential function to test whether or not population densities decrease with the distance to the CBD. McDonald notes that it was Clark (1951) who popularized this amongst scholars. Bertaud and Malpezzi (2003) found that such a functional expression fits relatively well in several cities around the globe.

When the premise that centers are only employment concentrations is relaxed, as seems to be taken for granted in the monocentric model conceived in the US in the time of exclusive zoning, it is expected that other (central) attributes like service and amenities may also generate externalities with incidence on the spatial formation of land values and densities as will be argued further.

If the monocentric city model is reformulated by introducing the existence not only of agglomeration economies which induces employment to concentrate in one location, but also the existence of diseconomies of agglomeration (e.g. congestion) which induces employment to decentralize, it is possible to obtain a polycentric city model (White, 1999). Of course polycentrism

can be achieved not only by the decentralization of employment from the CBD due to the existence of centrifugal forces, but also by the functional integration of formerly independent urban centres. This latter line is affiliated to Central Place Theory (one of the first to recognize polycentrism in an interurban scale) which considers that market areas are defined by individuals' willingness to travel for achieving the consumption of centrally distributed goods and services (Christaller, 1933). In this respect when travel costs are reduced the expansion of market areas allows for the integration of central places as sub-centres (Champion, 2001). Whether polycentric urban structures come from decentralization or integration, the continuing argument in urban economic theory is that both overall land rents and density gradients are conjointly influenced by the proximity to the CBD and sub-centres. Sub-centres, therefore, mimic at the local scale the influence that is exerted by CBD at the global scale.

The vast majority of methodologies have focused on the identification of sub-centres by studying either a) the density in employment terms of a location (controlling or not the distance to the CBD), or b) the influence of a location in organizing the commuting flows in a more complex urban system. Such criteria have clearly defined two families of sub-centre identification.

## 2.2 Methods based on the analysis of density

The first morphological family, based on the analysis of density, is by far the most widespread and widely developed in US since the 80's. This family has four major methodologies:

1) The first criterion suggested by McDonald (1987) is based on the identification of employment density *peaks* (the author suggests that a sub-centre is the second peak beyond the CBD). This criterion consists of analyzing density employment to detect local disruptions with the aid of a geographic information system (GIS). Alternatively, the employment/population ratio can be used to detect the areas that have higher relative concentrations of economic activity. Gordon, Richardson & Wong (1986) restricted the number of sub-centres to those areas with high t-values; this line of research was continued by McDonald and McMillen (1990) and Craig and Ng (2001).

2) The second approach consists of using upper and lower cut-offs. This line was originally proposed by Giuliano and Small (1991), who considered sub-centres to be the contiguous census tracts with a density of more than 10 employees per acre and a total critical mass of at least 10.000 jobs. Therefore, sub-centres must to meet density and critical mass criteria. The references of this method are Song (1994), Cervero and Wu (1997), McMillen and McDonald (1997), Bogart and Ferry (1999), Anderson and Bogart (2001), Shearmur and Coffey (2002) and Giuliano and Readfearn (2007). In this line, García-López (2007 and 2008) and Muñiz and García-López (2009 and 2010) suggested that sub-centres are zones with a density higher than the metropolitan average and at least 1% of metropolitan employment. Hall and Pain (2006) have defined *cores* in their Interreg IIIB Polynet Project, as NUTs 5 with 7 or more workers per hectare, and at least 20,000 workers in either single.

3) From an econometric perspective, there is a third methodology that identifies potential sub-centres by analysing significant residuals in an exponential negative density function discussed in 2.1. McDonald and Prather (1994) suggested several models for detecting sub-centres based on the identification of areas with positive residuals that are significant at a 95% confidence level.

4) The fourth approximation (derived from that presented in 3) is based on non-parametric models (e.g., locally or geographically weighted regression –L or GWR-) to detect *peaks* that locally adjust the density function and prioritise the effect of neighbouring municipalities on the adjustment process (McMillen, 2001b; Craig and Ng, 2001; Readfearn, 2007). The main advantage of this method is that it enables local gradients of density reduction to be determined across the metropolitan area. Suarez and Delgado (2009) develop a hybrid method, where once that peaks of density have been detected by means of GWR residuals, adjacent census tracts are added to comply with a threshold number of workers and density.

According to McMillen (2001b) approaches based on cut-offs are useful because they enable an historical analysis of the sub-centre structure. Nevertheless, they rely excessively on local knowledge to calibrate the thresholds of critical mass and density, and this can be a problem when trying to compare different metro areas with different local experts. The work of García-López (2007) seems to make an advance by relating the mass cut-off to 1% of metropolitan employment and minimum density to the metropolitan average. Nonetheless, such a criterion, as proposed by García-López, is flawed since the larger the number of spatial units in the metro area, the higher the difficulty to reach the critical mass criterion, and the more homogeneous the density function across units, the higher the probability that a large number of units be above average density. Additionally, the cut-offs approach has a more serious defect in that it tends to prioritise central areas as sub-centres, since they fail to take into consideration what is essential in the standard urban model (i.e. global density is determined by proximity to the CBD). Some authors have tried to solve such a problem by manually removing what they consider to be the CBD, while others have established differentiated thresholds in relation to centrality.

Econometric models have made a significant advance, in conceptual terms, by controlling the influence on overall density exerted by the CBD, approaching in this way the central theory behind density formation. From this perspective sub-centres are locations where the density is significantly higher than that explained by their proximity to the CBD. Therefore, one part of their density is endogenously explained, and this comes into play in differentiating them from other locations. Nonetheless almost all of the econometric methods have failed by constraining the complexity of metropolitan areas to just one single dimension - the distance to the CBD. Notably the density function is affected by specificities lying in three dimensions. Some studies have broken down this limitation by analysing metropolitan corridors; however, the results of such analyses are difficult to be conjointly interpreted. Advances in spatial modelling have solved such an issue by explicitly introducing the effect of bi-dimensional space, as in the locally or weighted non-parametric models.

While these methodologies have made a significant advance in understanding the structure of contemporary metropolises, all of them have failed to conceptualise what really lies behind

employment density. Departing from employment density as it has been calculated in these studies there are no guarantees that *dense locations* are the random result of urban development or whether they respond to complex metropolitan sub-centres.

### 2.3 Methods based on the analysis of functional relations

The second family of methods is based on the understanding that sub-centres are not only abnormally dense zones in the metropolitan space, but also structural nodes that can strengthen the functional relationship with their surrounding areas. In that sense, this approach is closer to the conception that centres in a network of cities function as nodes, without the necessity of being dense locations. The methods based on the analysis of functional interactions were designed to delimit territorial systems (Nel-lo, 1998), including Travel To Work Areas in England, Statistical Metropolitan Areas in the USA and Functional Urban Areas, and some focused on detecting sub-centres that structure such territorial systems. References in this field include Bourne (1989), Gordon and Richardson (1996), Burns et al. (2001), Roca and Moix (2005) and Roca et al. (2009).

According to Roca et al. (2009), by analysing the interaction among municipalities in a metropolitan system using the interaction value originally used by Roca & Moix (2005) and inspired in the pioneering work of Smart (1974), the most interlinked municipalities can form a proto-system. The bigger municipality in employment and density terms, within a proto-system, is also the one that has the most intense functional relationships with remaining municipalities inside of proto-system. The method proposed is a bottom-up procedure: first the influence area is delimited and then the point with the maximum interaction is detected (i.e. the centre that attracts and issues proportionally more residence-work flows).

Up to now the methodologies exposed above seem to take alternative and not communicated ways to detect sub-centres, relegating the fact that, when the scale of analysis of polycentrism is a FUR, density and mobility are two faces of the same coin, and therefore, can be integrated in one composed density.



### 3. Revisiting employment density as a means of detecting metropolitan subcentres

#### 3.1 In search of the conditions that metropolitan subcentres should meet

The search of subcentres necessarily requires a previous definition of them. In the vast majority of literature surveyed the concentration of employment is the only requirement that sites must meet in order to be considered subcentres.

“Employment subcentres are defined as areas with significantly higher employment density than neighbouring sites” (McMillen, 2003b: 57).

Sometimes beyond employment density, a minimal critical mass is asked, as well as some degree of sectorial specialization:

“Employment centers are identified as places that exceed a threshold employment density and a threshold employment level. They are also characterized as specializing on the basis of location quotient analysis” (Anderson and Bogart, 2001: 148).

Although the notion that must exert any influence on their surrounding territory is also present, since it is central on the standard theory:

“An employment subcenter is a concentration of firms large enough to have significant effects on the overall spatial distribution of population, employment, and land prices” (McMillen, 2003a: 3).

And these definitions, that mimic the CBD concept, are basically right because they refer to employment subcentres and not to a more complex idea of centrality. May be for that reason when subcentres are searched in Spanish metropolises analysing only the employment density at municipal level, emerge what local experts would say is a (sub) central municipality, but mixed with small irrelevant sites, suburban anodynes business and industrial parks and even next-to-CBD-dormitory cities (that are dense because of the low standards of their urbanizations built during the dictatorial era), sites these three latters that no one would say are centralities and definitely do not represent any important point in the daily life of citizens, except, of course for the commuters that work in.

Centralities as places are sites that beyond being employment and service concentrations (their main feature) are distinctive zones able to give identity to surrounding territory, not only because their historic preservation (when present), but also by the existence of cultural and advanced urban amenities usually present in mixed used areas, where public space plays an important role, and normally have an active public government. And certainly such features exist beyond traditional city centres, have documented for the case of Japanese suburban technopoles in which not only employment and housing gather together but also other amenities able to give identity to such places, in a scheme linked to the Howard’s garden city idea. Moreover, the concept of Edge City

proposed by Garreau (1991) might be closer to the idea of such centralities: a non-central area that, despite having more jobs than residents, is economically diversified because it combines qualified office activities with consumption centres where specialised and cultural goods and services are offered (e.g. art galleries). An idea that previously had been conceived by Cervero (1989), when looking for *activity centres* characterised by: density of employment, net inflow of morning commuters and heterogeneity of land uses. Furthermore, some edge cities tend to gain complexity: “alongside the growing economic gravity of post-suburbia, we can consider whether such settlements have become more fully urban in other respects. Arguably some of the new settlements have begun to acquire governmental functions and civic spaces alongside the greater density and mixed use of development and buildings” (Phelps and Wood, 2011: 2.595). And exist not only in suburban campus-like development areas, also in complex metropolitan suburban agglomerations like those found by Gilli (2009) in Paris, where subcentres (including *villes nouvelles*) tends to the employment diversification because of the importance of domestic and endogenous activities (some of them fostered by local based population).

And certainly do exist when intraurban polycentrism derive from the fusion of ancient independent cities as in southern Europe, centralities with a well-defined identity, civic arenas and political functions. Such integration might occur because of the expansion of the original influence areas or the decentralization of employment and population from the dominant centre. As Bontje and Burdack (2005) have pointed out “the higher population densities and denser urban network mean that medium size towns in Western Europe often act as the focus around new functional centres in the outer hinterland of the metropolises crystallise” (Bontje and Burdack, 2005: 319). In this latter respect European edge cities would resemble better as in the edge of the city. Even in Europe, new planned economic suburban poles result from a much higher level of involvement of the public sector which capitalises in more balanced schemes able to accept a wide diversity of land uses and household types.

Not surprisingly one of the common features of above stated examples of non-CBD centralities is the existence of population and not only employment. It is especially relevant when spatial units of analysis are considerably bigger than census tracts or their groupings as is the case in the greater part of the empirical studies referred to in Section 2. In the context of the so called second demographic transition population is symptom of the presence of amenities and site attractiveness “affluent workers are finding the city not simply a clear destination for work but also to live and play” (Clark et al., 2002: 500). According to Silvestro and Roca (2007) having local population allows (although not always) for the generation of cultural services and for the construction of an identity. Both elements might reinforce the externalities exerted by employment concentration on the surrounding territory, in terms of functional interactions and consequently in land rent and density formation. Having population also allows for bidirectional linkages, which become an important feature in mature subcentres allowing for the knowledge exchange (Boix and Trullén, 2012) and the complementarity of labour-housing markets. So far McMillen (1996) stated that Chicago’s

monocentric pattern already ceased to exist in the 1960s in front of the emergence of subcentres understood as edge cities with multifunctional concentrations of office, retail, leisure and housing areas (McMillen and McDonald, 1998). So it is possible to say that such centralities, identified in this paper as metropolitan subcentres, are: a) sufficiently attractive in residential terms to have a resident population; b) sufficiently attractive in employment terms to retain part of their working population; and c) sufficiently diverse to attract workers from elsewhere.

The question remains to what extent one can use such elegant approach, as that based on density analysis, to put apart simple employment clusters from more complex centralities.

### 3.2 Another way to see employment density

Criticism on employment density, as it has been conceived and calculated in literature, needs to be focused on its *aggregated treatment*. This simplification makes it impossible to distinguish between density generated by commuters (incoming flows) and density that is endogenously generated, i.e. by the population who works in their place of residence (resident workers). This means that classical or *aggregated* density cannot be used to differentiate municipalities that are dense because they attract commuters and simultaneously retain resident workers (mature sub-centres with implications on the territorial structure) from those that are *accidentally* dense and lack major attraction flows (employment peaks without functional relationships with neighbouring municipalities) and from those that are dense but are unable to have a resident population or to retain resident workers, as discussed below.

In the literature, employment density is calculated by dividing the total employment by the net urban area<sup>3</sup>, which without doubt leads to the loss of valuable information.

According to Aguirre and Marmolejo (2009) an alternative means of computing density is by carrying out a separate analysis of the density of commuters from other municipalities (incoming flows, or IF) and the density of resident workers (RW). The sum of IF and RW gives the total employment - the larger the IF density of a given municipality, the higher its capacity to attract workers; the larger the RW density the higher the capacity of a municipality to retain its employed residents<sup>4</sup>. If outgoing flows of density - OF - (working population employed in other municipalities) are also considered, it is possible to detect municipalities unable to retain their employed residents. From a conceptual framework, three types of employment concentrations can be defined:

Type 1: Municipalities whose density basically stems from IF. They either specialise in economic activity or have a small or no resident population (e.g. industrial parks in Barcelona or transnational *headquarter cities* in Madrid), or they have a labour force that does not match the profile of the area's labour demand, so OF are considerable. It is difficult to consider them complex centralities.

---

<sup>3</sup> Without distinguishing the land effectively used by firms.

<sup>4</sup> Please note that RW density and OF density are not exactly opposites. Although in this case they respectively represent the capacity and incapacity of a municipality to retain its working population.

Type 2: Municipalities whose density mainly originates from RW. They are those with few or no functional links to their environment, i.e. those that are autonomous in labour market terms (e.g. manufacturing colonies in the past or military headquarters in the present). Again, it is not possible to consider this kind of area a centrality without spatial interactions.

Type 3: Municipalities whose density is produced by a combination of IF and RW, being the OF low. They are: a) sufficiently attractive in residential terms to have a resident population; b) sufficiently attractive in employment terms to retain part of their working population; and c) sufficiently diverse to attract workers from elsewhere, i.e. to employ people with professional profiles different from those of their own residents establishing bidirectional linkages. Municipalities containing all three traits would be definitively more close to the concept of complex centralities and thus to mature or metropolitan subcentres.

Thus by combining the concept of density with basic, but meaningful, elements of mobility it is possible to redefine the way to understand urban density.

#### 4. A proposal for calculating compound density

A way needs to be found to incorporate those meaningful essential elements (RW; IF; OF) of metropolitan mobility (i.e. territorial influence) on a compound density. In Table 1 two families of integration methods are presented<sup>5</sup>; in the first family no information is lost, in that all the elements to be considered are integrated in the compound density; in the second family (semi-integrated), part of the information is lost.

Tabla 1. Selected alternatives for compound density

Family	Alternative	Expression
Fully-integrated	Multiplicative	$CDm = \frac{\prod_i d_i}{a}$ <p>where <math>d_i</math> may be: RW; IF; OF</p> <p><math>a</math>=urbanised area</p>
	Geometric mean	$CDg = \frac{\sqrt{\prod_i d_i}}{a}$ <p>where <math>d_i</math> may be: RW; IF; OF</p> <p><math>a</math>=urbanised area</p>
Semi-integrated	Principal component analysis (PCA)	<p>As habitual, where original variables may be: RW/a; IF/a; OF/a</p> <p><math>a</math>=urbanised area</p>
	DP2 subfamily	$CDdp2 = \sum d_i / \sigma_i (1 - R^2_{i,i-1,\dots,1})$ <p>where</p> $d_i =  x_{in} - x_{im} $ <p><math>i</math>= RW/a; IF/a; OF/a</p> <p><math>a</math>=urbanised area</p> <p>see the way to calculate it further in the text</p>

Source: own elaboration

<sup>5</sup> All of the presented methods have been empirically tested using data for Madrid and Barcelona Metropolitan Areas.

In CDm, if only RW and IF are taken, thus it does make sense to positively integrate OF since they represent the incapacity to retain workers which is considered negative and priority is placed on the municipalities with RW=IF. That is to say, those municipalities in which density is equally integrated by resident workers and incoming flows. Nevertheless this approach has two problems: a) it places priority on large municipalities; and b) it makes no distinction between municipalities where density is a result of in-commuting (Type 1 as discussed in Section 3.2), and those where density is a result of the resident workforce being employed in the same municipality (Type 2). By taking the geometrical mean of the numerator (CDg) the first problem, but not the second, is corrected.

On the second family PCA, when working with 3 correlated variables (as is the case), the information can be partially resumed in one variable. Nevertheless, this process has the problem that emphasis cannot intentionally be put on placing priority on any element of metropolitan mobility (i.e. original variable), and it synthetises the information in an imperfect way.

Finally the DP2 subfamily (CDdp2) proposes the construction of a set of combined elements where the impact on the final results depends on the order in which each element is introduced in the calculus process. So, if RW is introduced first, the resulting DP2 will give greater importance to this element. By alternating the order of the introduction of the elements, it possible to distinguish different types of employment sub-centres.

Originally devised by Pena (1977) distance P2 (DP2) allows for the integration in one synthetic indicator of several partial correlated variables. The starting point is the distance between each geographical area (in terms of one variable, in this case a specific kind of density associated to one element of metropolitan mobility), represented as  $x_i$ . That is to say it measures the distance in terms of element  $i$ , between municipality  $n$  and municipality  $m$  which has the lowest value of  $x_i$ . So the higher  $d_i$  the higher the difference of  $n$  municipality in relation to the less dense  $m$  municipality in terms of element  $i$ . By dividing  $d_i$  by its standard deviation the process allows for the combination of original variables expressed in different units, at the same time that differences on the dispersion of data are corrected by expressing the resulting value in terms of standard deviations.  $R^2_{i.i-1...1}$  is the determination coefficient from regression of  $x_i$  on  $x_{i-1}, x_{i-2}, \dots, x_1$ , and as usual expresses the variance of  $x_i$  explained by  $x_{i-1}, x_{i-2}, \dots, x_1$ . The introduction of this element allows for eliminating the redundant information of a given element contained in the previously introduced variables. In the original way used by Pena the weighs of the partial indicators, produced by the order of their introduction, are determined thorough an iterative algorithm that achieves convergence when the indicator fulfils a set of desirable properties (Montero et al., 2010); nevertheless in our approach the intentionality of the introduction of the partial indicators allows for put apart simple employment concentration from more complex centralities.

In Table 2 the previously discussed properties for each density are depicted for four municipalities corresponding to the three employment sub-centres conceptualised in section 3.2. It should be noted that there are 2 municipalities matching the profile of employment-sub-centre type 3, the

only difference between them being the mass of jobs. Supposing for the moment that all four municipalities can be considered as employment sub-centres, classical density is unable to distinguish any difference between the municipalities, despite the fact that Type 1 is unable to retain 83% of its working population, and Type 2 attracts only 11% of its jobs from other municipalities. Multiplicative compound density (CDm) prioritises Type 3 municipalities, in which there is a certain balance between RW and IF (self-sufficiency is 67%). Nevertheless a) it is biased by employment mass (placing priority on Type 3-larger municipalities over Type 3); and b) makes no distinction between Types 1 and 2 municipalities. Clearly it does not have the same meaning in terms of metropolitan structuring capacity, being almost self-sufficient or almost insufficient; and at the same time, in urban terms, being able, or not as the case may be, to retain working population. By taking the n-root of the numerator (i.e. calculating the geometrical mean) in CDg, the first (scaling) problem is solved but not the second.

Tabla 2 Employment sub-centre differentiation for classical density and selected alternatives of compound density

Type of employment subcentre	Resident workers (RW)	Incoming flows (IF)	Outgoing flows (OF)	Urbanized area (a)	Self-containment [RW / (RW+OF)]	Oberture [OF/(RW+OF)]	Self-sufficiency [RW/(RW+IF)]
Type 1	100	800	500	100	17%	83%	11%
Type 2	800	100	700	100	53%	47%	89%
Type 3	600	300	100	100	86%	14%	67%
Type 3-larger	900	450	150	150	86%	14%	67%

Type of employment subcentre	Compound densities					
	Classic density [RW+IF/a]	Fully-integrated		Semi-integrated		
		CDm [RW*IF/a]	CDg [((RW*IF)^0,5)/a]	PCA [RW/a; IF/a; -OF/a]	CDdp2a [RW/a; IF/a; -OF/a]	CDdp2b [IF/a; RW/a; OF/a]
Type 1	9,00	800	2,83	1,43	1,1	1,7
Type 2	9,00	800	2,83	0,90	1,1	1,6
Type 3	9,00	1.800	4,24	0,27	1,9	0,8
Type 3-larger	9,00	2.700	4,24	0,27	1,9	0,8

Source: Own elaboration.

On the family of semi-integrated methods, PCA places priority on those municipalities in which the element most correlated with PC1 is most present. In this case it is the Type 2 municipality that has the higher density of RW, despite the fact that it attracts virtually no workers from other municipalities (indicating a self-sufficiency of 89%). Finally the CDdp2 sub-family allows for a distinction to be made between the three conceptual employment sub-centres, at the time as being sufficiently robust to scale bias. If RW density is taken first (CDdp2a), the Type 1 municipality is eliminated; if IF density is taken first (CDdp2b) the Type 2 municipality is eliminated. By succeeding on both composed densities (CDdp2a + CDdp2b), it is possible to detect what in this paper is argued to be a metropolitan sub-centre (i.e. Type 3 employment sub-centre).

## 5. Testing DP2 density in Barcelona and Madrid as an alternative to classical density

### 5.1 Study areas, data and methodology

The efficiency of the proposed density was tested at the municipal level in the Metropolitan Region of Barcelona (MRB) comprising 161 municipalities<sup>6</sup>. The jobs obtained from the 2001 Census mobility matrix were used as an approximation of the location of economic activity. The data were classified according to 2 digits of the Spanish Standard Industrial Classification of Economic Activities and 1 digit of the National Occupation Classification. Effective (net) urban land was derived from a semi-automatic process of remote sensing using SPOT imagery (see Al Haddad et al., 2006) from the year 2000. The distance between municipalities was measured using a TransCAD analysis of effective road networks.

For the purpose of verifying the conclusions, the analysis was repeated in the structurally different metropolitan region of Madrid<sup>7</sup> (MRM), which is basically a monocentric urban system compared with the more polycentric structure of Barcelona (MMAMB, 1995; ATM, 1998; Burns et al., 2001; CPSV, 2001; Roca et al., 2009). For both metropolitan areas the central urbanised continuum was identified using the very common criteria of 200 m. Urbanization gap. Table 3 contains the figures (of main data used here) of both metro areas<sup>8</sup>.

Tabla 3 Main characteristics of metropolitan areas of Barcelona and Madrid

Metropolitan area	Number of municipalities	Population 2001	Employment 2001	Urbanized area (sq. km.)	2001 Mean population + employment density
Barcelona	161	4.387.536	1.853.269	548	11.379
Madrid	141	5.448.936	2.284.142	755	10.240

Source: Own elaboration (INE + self-processing SPOT imagery).

<sup>6</sup> The administrative area for regional planning - "Barcelona Metropolitan Region" - has 164 municipalities, but Castellterçol, Castellcir and Sant Quirze Safaja have their main functional vinculation with other municipalities lying outside the metropolitan area; for this reason they were excluded from the analysis presented here.

<sup>7</sup> The metropolitan system of Madrid varies depending on the delimitation methodology used: according to NUREC, in 1996 it had 14 municipalities in a surface area of 1,185 km<sup>2</sup>; according to GEMACA (1996) it had 136 municipalities in a surface area of 6,239 km<sup>2</sup>. The GEMACA delimitation (1996) has been used for this research plus four municipalities from the province of Guadalajara that are clearly metropolitan in physical and functional terms: Alovera, Azuqueca de Henares, Guadalajara and Cabanillas.

<sup>8</sup> See García-López (2007) for an excellent description of the economic structure of the MRB, Muñiz *et al* (2003) and Sánchez (1998) for an historical analysis, and Marmolejo and Stallbohm (2008) for an analysis of urban land patterns. For MRM see de Santiago (Urban, 12; 13).



The methodology has consisted of:

- a) Calculating the classical density and CDdp2 sub-family as stated above.
- b) Using these densities to identify sub-centres controlling the effect of proximity to the CBD, namely municipalities exceeding 1 std. dev. of regression residuals are considered as potential sub-centres<sup>9</sup>. The model used is that directly derived from the theoretical discussion in Section 2.1 the linearized formulation of which is as follows:

$$\ln(D_i) = C + \beta_i D_{cbd_i} \quad [1]$$

Where:

$D$  is the density at municipality  $i$ ,

$C$  is the constant and it is supposed to be the LN of density at distance 0 (i.e. CBD);

and  $D_{cbd-i}$  is the distance from  $i$  to CBD.

The central municipalities of Barcelona and Madrid are also introduced<sup>10</sup> since beyond containing their respective CBD, the remaining area of the central municipalities may contain sub-centres (although integrated in the central continuum). According to the theoretical discussion it is expected to empirically find a negative coefficient for B1, representing the semi-elasticity of density on variation of distance to CBD.

- c) Testing the efficiency of the sets of sub-centres identified using the different densities approach by means of different indicators of centrality and metropolitan linkage. The main indicators are as follows:

---

<sup>9</sup> McDonald & Prather (1994) consider potential sub-centers as those areas with residuals significant at 95% level of confidence. Nevertheless when analysis units are municipalities using that criterion for the case studies presented here almost 1 of 3 municipalities have residuals above such a limit. Roca *et al* (2009) have found that 1 std. dev. threshold performance quite good for Barcelona.

<sup>10</sup> In Spain for 2001 there is a lack of information about employment location at sub-municipality level, the internal distance of each municipality is calculated supposing that employment is distributed in a concentric internal ring equally accessible from the centre and periphery as follows:

$$A_i = \sqrt{\frac{a^* 0,5}{p_i}} \text{ where } a \text{ is the urbanized area of } i \text{ municipality.}$$

Revisiting employment density as a means to detect metropolitan sub-centres: an analysis for Barcelona and Madrid.

Influencia de los subcentros metropolitanos en la estructura de los valores inmobiliarios y nuevos métodos de identificación de centralidades

- The location coefficient (LC)<sup>11</sup> of top qualified information activities (managers, professionals, scientists and intellectuals) coming from employment following the National Occupation Classification (CNO) as suggested by Marmolejo and Roca (2008). LC of Finance, Real Estate and business support (FIRE and Business) and manufacturing sectors coming from employment following the Spanish Standard Industrial Classification (CNAE in its Spanish initials). Central municipalities, are expected to specialise in both top qualified information activities and FIRE and Business (i.e. services with a rigid demand), and not in manufacturing industries. According to Central Place Theory, centrally distributed goods and services imply transportation costs for consumers and consequently have an impact on market area conformation and land values.
- Self-sufficiency and self-containment<sup>12</sup> computed using the 2001 Census residence-work data. If a given municipality were to maximise both indicators it would be autarchic in labour market terms (i.e. residents would live and work in the same municipality and the labour force would be supplied locally).
- The integrated interaction value<sup>13</sup>, composed by the sum of the interaction value extensively used in the works of Roca y Moix (2005) and Roca et al. (2009 and 2011), and (Coombes and Openshaw, 1982) Integrated interaction value measures, using travel-to-work flows, the linkage of a given municipality with all the remaining municipalities in the metropolitan system. The greater this

<sup>11</sup> The location coefficient is calculated as follows:

$$LC = \frac{\frac{(RW + IF)x_i}{(RW + IF)_i}}{\frac{\sum_i^n (RW + IF)x_i}{\sum_{ix}^n (RW + IF)x_i}}$$

Where (RW+IF) is localised employment, x is a given industry of economic activity and i is a given municipality of the metropolitan system.

<sup>12</sup> Self-containment (Sc) is the ratio between resident workers (RW) in a given municipality and resident working population (i.e. resident workers plus outgoing flows (OF) of workers going to work to other municipalities) of the same municipality. It measures the capacity of a given municipality to retain its working population, as follows:  $Sc = \frac{RW}{(RW + OF)}$

Self-sufficiency (Ss) is the ratio between resident workers of a given municipality (RW) and locally employed population in the same municipality (i.e. resident workers plus incoming flows (IF) of workers coming to work from other municipalities). It measures the capacity of a municipality to satisfy the local demand of workers with its own working population as follows:  $Ss = \frac{RW}{RW + IF}$

<sup>13</sup> The integrated interaction value is calculated as follows:

$$IIV_i = \sum_{i,j=1}^n \left( \frac{F_{ij}}{(RW + OF)_i (RW + IF)_j} \right) + \left( \frac{F_{ji}}{(RW + OF)_j (RW + IF)_i} \right)$$

where IIV<sub>i</sub> is the sum of the interaction value between an i municipality and all j of the system, F are residence-to-work flows, the rest of the variables are the same explained above. As seen, this indicator is reflexive and robust to the bias that may be introduced by the very different size of municipalities in terms of both employment and resident working population.

indicator, the greater the reflexive relationship between the given municipality and the rest of the metropolitan system.

d) Testing the capacity of the sets of sub-centres to modify, beyond the effect of CBD, the overall density function of both employment and (working) population, using a polycentric model further discussed in point 5.3.

## 5.2 Identification of potential sub-centres by means of classical and compound densities

In Table 4 and Figure 1 the main results for Barcelona are reported. As can be seen classical density suggests a large number of sub-centres (23). All the expected sub-centres deriving from local knowledge are included in this set including Sabadell, Mataró, Terrassa, Granollers, Vilafranca and Vilanova, all of which (with the exception of Granollers) are cities which experienced endogenous growth, especially in the 19th Century, and which were integrated relatively recently within the Barcelona functional system by the process discussed in section 2.1. In this list dormitory cities located next to the central municipality of Barcelona are also present, where large housing estates, and industrial parks, were developed in the dictatorial era such as L'Hospitalet and Cornellà, as well as decentralising employment sub-centres such as Martorell oriented to large factory estates. Nevertheless priority is also placed on municipalities as sub-centres, which doubtfully play any role in either the concentration of economic activity or the metropolitan articulation, such as Santa Margarida, Castellví, Pacs del Penedès, Pla del Penedès, Montseny, Puigdàlber, most of which are in the most rural areas of Barcelona. In those municipalities self-containment is lower in comparison to the rest, and their high self-sufficiency denotes their poor functional relations.

CDdp2a in which RW is introduced first suggests the existence of 19 possible sub-centres. The basic difference between this group and that previously described is that most of the small municipalities with a poor capacity to retain their working population are eliminated. Also Polinyà, a decentralising sub-centre that has captured the manufacturing and service activity lost by Sabadell, and located in an excellent industrial corridor where the regional government has assembled land, emerges in this list. Sant Andreu de la Barca has the same profile. What is highly significant is the elimination of the two dormitory cities<sup>14</sup> of the central continuum - L'Hospitalet and Cornellà.

CDdp2b in which IF is introduced firstly places priority on 19 municipalities as well. In relation to the set of municipalities discussed in the previous paragraph, some municipalities disappear such as Badalona, located in the central continuum. However other municipalities appear, which import workers such as Barberà and other smaller ones.

---

<sup>14</sup> In this paper a dormitory city has been defined, using a local perspective, as that not considered small in employment terms (>2.000 jobs), but unable to retain 65% or more of their resident population.

Revisiting employment density as a means to detect metropolitan sub-centres: an analysis for Barcelona and Madrid.

Influencia de los subcentros metropolitanos en la estructura de los valores inmobiliarios y nuevos métodos de identificación de centralidades

Tabla 4. Potential sub-centres identified in Barcelona by different densities

Subcentre candidate	Classic density	CDdp2 subfamily			Employment [RW+IF]	Self-containment [RW / (RW+OF)]	Self-sufficiency [RW / (RW+IF)]
	LN [(RW+IF)/a]	LnCDdp2a (RW; FE; FS)	LnCDdp2b (FE; RW; FS)	LnCDdp2a & LnCDdp2b			
Barcelona	1	1	1	1	779.296	78%	66%
Sabadell	1	1	1	1	69.563	56%	66%
Terrassa	1	1	1	1	67.757	65%	75%
Hospitalet de Llobregat,	1	0	0	0	66.668	31%	49%
Badalona	1	1	0	0	54.998	39%	62%
Mataró	1	1	1	1	42.429	67%	74%
Granollers	1	1	1	1	31.776	51%	41%
Cornellà de Llobregat	1	0	0	0	27.809	28%	35%
Martorell	1	1	1	1	24.749	46%	20%
Vilanova i la Geltrú	1	1	1	1	19.343	59%	73%
Barberà del Vallès	0	0	1	0	17.465	33%	24%
Esplugues de Llobregat	0	0	0	0	15.377	23%	31%
Vilafranca del Penedès	1	1	1	1	14.031	55%	57%
Sant Joan Despí	0	0	0	0	12.726	23%	25%
Sant Andreu de la Barca	0	1	1	1	12.211	41%	37%
Sant Just Desvern	0	0	0	0	9.702	30%	20%
Polinyà	0	1	1	1	7.298	47%	15%
Pineda de Mar	1	1	1	1	6.806	54%	70%
Malgrat de Mar	1	1	1	1	5.609	59%	67%
Calella	1	1	1	1	5.475	56%	55%
Sant Sadurní d'Anoia	1	1	1	1	5.078	68%	62%
Santa Margarida i els Mon	1	1	1	1	3.561	52%	34%
Canet de Mar	1	1	0	0	2.884	47%	76%
Sant Martí Sarroca	1	0	1	0	768	32%	43%
Torrelavit	0	0	1	0	584	40%	34%
Castellví de la Marca	1	1	0	0	505	47%	61%
Pacs del Penedès	1	0	1	0	503	23%	16%
Pla del Penedès, el	1	0	0	0	212	35%	65%
Montseny	1	1	0	0	115	60%	70%
Puigdàlber	1	0	0	0	84	28%	54%
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>15</b>			
Adj R <sup>2</sup>	0,26	0,13	0,16	na			
Anova (F)	57,63	23,89	31,43	na			
C	8,15	0,43	0,66	na			
Dist CBD (B <sub>2</sub> )	- 0,03	- 0,03	- 0,03	na			
Dist CBD (t)	- 7,59	- 4,89	- 5,61	na			
Employment density	7.311	7.251	7.311	7.546			
Self-containment	64%	69%	71%	72%			
Self-sufficiency	62%	63%	62%	63%			
Integrated interaction value	0,57	0,60	0,60	0,61			
Central continuum mun.	4	2	1	1			
Dormitory municipalities	2	-	1	-			
Small municipalities	6	2	3	-			
LC FIRE & Business	1,190	1,207	1,223	1,243			
LC top qual. Info. activities	1,136	1,147	1,150	1,169			
LC Manufacturing	0,774	0,783	0,791	0,761			

Source: Own elaboration.

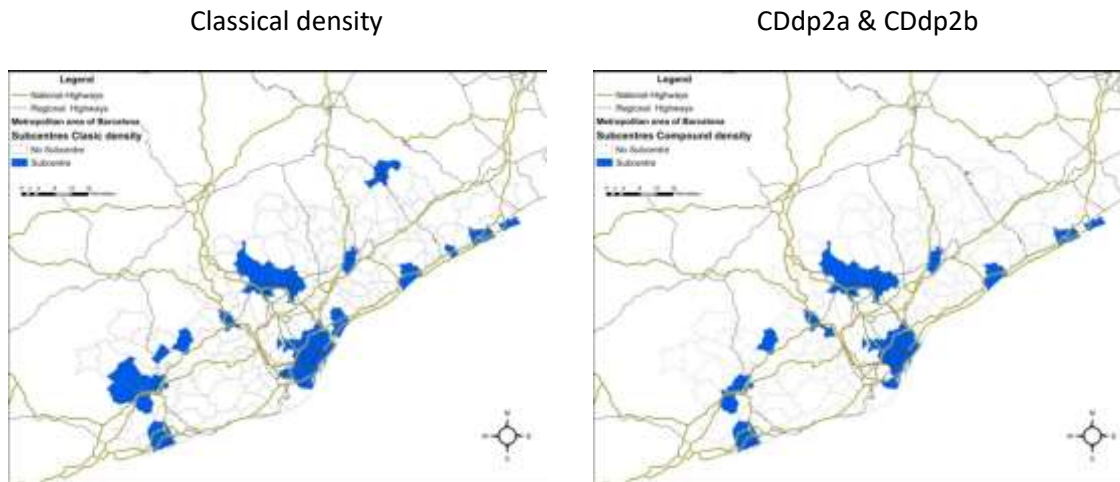
If the results of CDdp2a & CDdp2b are combined (i.e. imposing a double evaluation) as suggested in section 4, municipalities with a reasonable mix of RW, IF and OF may be selected. Only 15 municipalities satisfy both evaluations. Despite the fact that a quantitative approach is used to evaluate the results, the improvements are expected to be marginal, since the raw data used to construct both densities is the same. Such improvements can be fully appreciated from qualitative local knowledge. In this context, the elimination of the dormitory cities of L'Hospitalet and Cornellà is quite meaningful, as well as Badalona, which although not a dormitory city, lies within the central continuum. In addition the elimination of municipalities with less than 3.000 jobs is well appreciated. The fact that Barcelona appears as a sub-centre in all models is not futile, being coherent with the scale of analysis. This suggests that beyond the core of the CBD, which can be situated approximately along Passeig de Gràcia and the western side of the Diagonal Avenue, the remainder of the municipality is denser in employment terms to what is predicted by monocentric models. Such density is not surprising taking into consideration the long-standing tradition in the Mediterranean context of residential multifamily buildings in urban centres, not only in the city core, accommodating a wide range of commercial uses at the ground floor level and office related uses as the first floor level<sup>15</sup>.

In summary for Barcelona's area compound densities (CDdp2s) allow for placing priority on 15 municipalities, eliminating 8 of the 23 potential sub-centres proposed by the classical density approach: 6 of which are considered small municipalities, with less than 2.000 jobs which is roughly 1% of the metropolitan employment as suggested by García-López (2007), 3 of which are municipalities of the central continuum and 2 are dormitory cities. Moreover, in the CDdp2 set mean employment density increases from 7.311 jobs/sq. km. to 7.546 jobs/sq. km. and self-containment increases 8 points at the same time that self-sufficiency increases by only 1 point, which is considered positive. The mean of the integrated interaction value increases by 4 basic points, indicating a stronger linkage with other municipalities. All the indicators of urban centrality perform better for the set of sub-centres prioritised with compound densities - these are more specialised in Financial Real Estate & Business activities, as well as in top qualified information activities, and slightly less specialised in manufacturing, as would be expected.

---

<sup>15</sup> The reduction of the coefficient of determination for compound densities is coherent with the process used in their calculation, since the objective of such a process is to differentiate the municipalities (of diverging nature) by altering their densities.

Figura 1 Potential sub-centres identified in Barcelona by different densities



Source: Own elaboration.

In Table 5 and Figure 2 the results for Madrid are reported. Classical density suggests the existence of 23 potential sub-centres of a very divergent nature. This set includes peripheral and mature municipalities such as Alcalá, Torrejón, Guadalajara and Arganda, that may be considered integrated-decentralised sub-centres, and more centric, but beyond the central continuum, dormitory cities such as Fuenlabrada, Móstoles and San Fernando. It also includes, as with the other densities, a lot of small municipalities with less than 2.000 jobs. Such municipalities are basically located in the outer periphery of the metropolitan area lying at a distance more than 55 km from the centre of Madrid, i.e. in the outer 10 percentile. Here there is a crucial point which differentiates Madrid from Barcelona. In Barcelona only 2 of the 7 small municipalities identified as potential sub-centres through classical density lie in the outer 10 percentile ring; and in Madrid 6 of the 8 small municipalities seen as potential sub-centres lie beyond the equivalent limit. That explains why in Madrid, without taking into consideration which density is used, it is more difficult to eliminate small-outer municipalities since the fitted model in all cases, i.e. exponential negative, is more sensitive to small outer *accidents* in employment density. Of course it may be solved by using different functional forms in each metropolis, but it may obscure the comparison sought here. Thus by using the same functional expression compound density is challenged in the Madrid case.

When CDdp2a is used, in which priority is placed on RW density, the dormitory municipalities of Fuenlabrada, Móstoles and San Fernando are eliminated in relation to sub-centres proposed by classical density, as occurs in Barcelona. Some other municipalities located far from the CBD such as Collado and Ciempozuelos also disappear since the effect of OF - albeit not very strong - reduces the density necessary to succeed as sub-centres in the respective exponential function.

CDdp2b, in which priority is placed on IF density, adds some municipalities which import workers in relation to the previous set of sub-centres such as Humanes, an industrial location of small and compact factories, and eliminates Alcalá due to the double effect exerted by its high self-sufficiency and the distance to the CBD (30 km). Also some non-attracting small and outer municipalities are eliminated, which is considered positive.

There are only 15 municipalities that conjointly succeed after being evaluated by CDdp2a and CDdp2b. What needs to be appreciated is the elimination of the dormitory cities referred to above. Nevertheless compound densities fail to eliminate most of the small and outer municipalities for the reasons discussed above, and unfortunately eliminate Alcalá which, by the use of other methodologies (Roca et al, 2010), has showed a local capacity to articulate its surroundings in functional terms.

Revisiting employment density as a means to detect metropolitan sub-centres: an analysis for Barcelona and Madrid.

Influencia de los subcentros metropolitanos en la estructura de los valores inmobiliarios y nuevos métodos de identificación de centralidades

Tabla 5. Potential sub-centres identified in Madrid by different densities

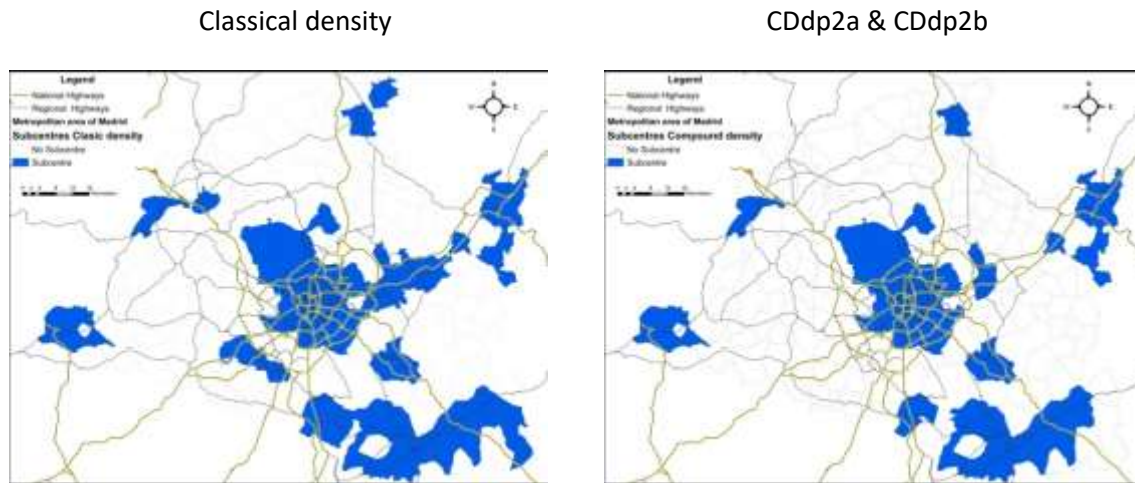
Subcentre candidate	Classic density LN [(RW+IF)/a]	CDdp2 subfamily			Employ-ment [RW+IF]	Self- containment [RW / (RW+OF)]	Self- sufficiency [RW/ (RW+IF)]
		LnCDdp2a (RW; FE; FS)	LnCDdp2b (FE; RW; FS)	LnCDdp2a & LnCDdp2b			
Madrid	1	1	1	1	1.463.083	87%	72%
Alcalá	1	1	0	0	54.727	54%	71%
Fuenlabrada	1	0	0	0	47.542	29%	47%
Móstoles	1	0	0	0	40.216	30%	60%
Torrejón	1	1	1	1	36.798	44%	52%
Guadalajara	1	1	1	1	27.462	86%	67%
Arganda	1	1	1	1	21.121	69%	49%
Valdemoro	1	1	1	1	16.194	48%	43%
S.Fernando	1	0	0	0	15.575	22%	23%
Collado	1	0	0	0	13.285	40%	61%
Humanes	0	0	1	0	8.856	39%	17%
Azuqueca(Hen)	1	1	1	1	8.820	76%	47%
S.Lorenzo	1	1	1	1	4.895	53%	59%
Ciempozuelos	1	0	0	0	4.169	46%	63%
Ajalvir	1	1	1	1	3.416	32%	10%
Villarejo	1	1	1	1	2.029	62%	67%
S.Martín(V.I)	1	1	1	1	1.830	71%	80%
Chinchón	1	1	1	1	1.501	65%	77%
Colmenar(Oreja)	1	1	1	1	1.313	46%	74%
Torrelaguna	1	1	1	1	1.053	64%	67%
Belmonte	1	1	1	1	257	45%	77%
Estremera	1	1	0	0	170	44%	83%
Valdaracete	1	1	1	1	165	52%	75%
Patones	1	0	0	0	86	51%	69%
<hr/>							
Total	23	17	16	15			
<hr/>							
Adj R <sup>2</sup>	0,37	0,15	0,23	na			
Anova (F)	83,25	25,38	40,49	na			
C	8,14	0,70	1,13	na			
Dist CBD (B <sub>1</sub> )	- 0,04	- 0,04	- 0,05	na			
Dist CBD (t)	- 8,77	- 5,04	- 6,36	na			
<hr/>							
Employment density	5.351	5.779	5.987	6.053			
Self-containment	76%	83%	84%	84%			
Self-sufficiency	69%	71%	71%	71%			
<hr/>							
Integrated interaction value	0,57	0,59	0,59	0,59			
<hr/>							
Central continuum mun.	4,0	2,0	2,0	2,0			
Dormitory municipalities	4,0	1,0	1,0	1,0			
Small municipalities	8,0	7,0	6,0	6,0			
<hr/>							
LC FIRE & Business	1,069	1,105	1,121	1,125			
LC top qual. Info. activities	1,050	1,072	1,078	1,082			
LC Manufacturing	0,894	0,831	0,813	0,796			

Source: Own elaboration.



Despite the *qualitative* failings described above, the set of potential sub-centres identified by CDdP2 seems to perform better than the set obtained by classical density for a number of reasons. They are denser in employment terms, more self-contained, have a higher linkage to overall municipalities (integrated interaction value), 2 municipalities located in the central continuum are discarded (Fuenlabrada and San Fernando), 3 dormitory municipalities are erased, 2 small and outer municipalities are reduced, and as a group all the indicators of centrality (LC Fire & Business, top-qualified information activities) are improved, at the same time that manufacturing is reduced.

Figura 2. Potential sub-centres identified in Madrid by different densities



Source: Own elaboration.

### 5.3 Evaluation of sub-centres identified

So far compound densities for both Barcelona and Madrid make small, but meaningful (for locals), improvements in the selection of municipalities as potential sub-centres. Nevertheless it is necessary to check the capacity to modify the overall density function, once the distance to the CBD has been controlled. This evaluation follows the second condition for a sub-centre suggested by McMillen (2001b): “a sub-centre is a site (1) with significantly larger employment density than nearby locations that has (2) a significant effect on the overall employment density function” (McMillen, 2001a: 448-449). Although in theoretical terms such an influence must be expectable, since densities are linked to build structures, their elasticity is somewhat rigid to changes in expanding polycentric systems, as discussed earlier in point 3.1.

In most of the works reviewed the explained density is related to employment, nevertheless the standard urban model explains the distribution of (working) population in relation to employment

concentrations. For that reason in this paper we test the efficiency of sub-centres in the explanation of both employment and (working) population<sup>16</sup>.

Three different ways have been devised to integrate the effect of sub-centres:

1) The introduction of the distance to the nearest sub-centre as a new term in the monocentric model (expressed in equation [1]). This approach does not have problems of multicollinearity, since each sub-centre is affiliated to only one municipality, but has two inconveniences: a) it is not possible to distinguish the relative importance of each sub-centre; and b) it does not allow to test for overlapping influences coming from different sub-centres.

2) The creation of many variables as sub-centres, each one containing the distance from each municipality to each sub-centre, and introducing them by a stepwise process in the monocentric model. This approach has the advantage that it allows the possible sub-centres to overlap. At the same time, the relative importance of each sub-centre is accounted for by the respective regression coefficient and significance of proximity to each other sub-centre. Nevertheless it is not robust to multicollinearity problem because of the existence of adjacent sub-centres, e.g. Sabadell-Terrassa in the case of Barcelona, and assumes that a sub-centre exerts influence over all municipalities regardless of distance, which in a polycentric framework is implausible.

3) The combination of previous approaches: that is to say, the creation of as many variables as sub-centres, each containing the distance from each municipality to its nearest sub-centre, and setting the distance to the remaining sub-centres as zero, and subsequently introducing them in the general model through a stepwise process. This approach is robust to multicollinearity problem since municipalities are associated to the nearest municipality. At the time that assumes that the effect exerted by the sub-centre is principally local and the relative importance of each potential candidate to the sub-centre is tested in the aforementioned way. This latter approach is that discussed in this paper and its functional expression is as follows:

$$\ln(D_i) = C + \beta_i D_{cbd_i} + \sum \frac{\beta_{2i}}{D_{Sub\ j-i}} \quad [2]$$

Where:

DSUBj-i is the distance from i municipality to its respective j-nearest sub-centre<sup>17</sup>,

Di is the density of employment, as used in the majority of the papers reviewed, and working population, as explained previously.

<sup>16</sup> The distribution of the working population (RW+OF) according to residential mobility data (taken from residential variation statistics according to the Spanish population census) is more dependent on proximity to the place of employment, exactly as standard urban model estates.

<sup>17</sup> Note that by introducing the inverse of distance to nearest sub-centre, multicollinearity problems (due to the proximity of some sub-centres to CBD (e.g. L'Hospitalet and Barcelona)) are reduced. However, this expression supports the hypothesis that the effect exerted by sub-centres over the overall density function is lower than the effect of the CBD, so the effect of sub-centres is assumed to be more localised in comparison with a more generalised effect of the CBD, as suggested by McMillen (2003), McMillen (2004) and García-López (2008). An alternative means to resolve this issue is by using factorial analysis to reduce the metropolitan geometry to a non-correlated n-space.

Tabla 6 Influence of sub-centres on employment and working population densities in Barcelona

	Employment density (RW+IF)/a		Working population density (RW+OF)/a	
	Classic density subcentre set	DP2 subcentre set	Classic density subcentre set	DP2 subcentre set
Adj R <sup>2</sup> monocentric*	26%	26%	27%	27%
Adj R <sup>2</sup> polycentric **	26%	33%	29%	39%
Number of total candidates	23	15	23	15
Percentage of significant subcentres	0%	20%	4%	33%

\* Considering only distance to CBD

\*\* Considering distance to CBD and to significant subcentres

Source: own elaboration

Table 6 contains the results of applying equation [2] in the metropolitan area of Barcelona. As can be seen, in the case of employment density the set of sub-centres deriving from the classical density approach fails to identify any significant sub-centre (at 95% of confidence). On the contrary when sub-centres deriving from the CDdp2 approach are tested, 20% of them (Barcelona, Sabadell and Vilafranca) result being significant and with the expected positive sign, and conjointly improve the variance explained in the metropolitan distribution of employment density. One reason for finding so few significant sub-centres is related to the number of candidates, since the higher it is, the larger the number of fragments in which all the municipalities are organised, and it is possible that an increment in the distance to an ascribed municipality means an approximation to another more important sub-centre. In terms of working population, again CDdp2 sub-centres result more significant than sub-centres deriving from classical density, and marginally improve the efficiency of the polycentric model. Furthermore, CDdp2 sub-centres identified as significant are the very ones which would be selected through qualitative prior knowledge, in terms of the following order of statistical significance: Barcelona<sup>18</sup>, Sabadell, Vilanova, Vilafranca and Mataró.

Table 7 contains the results for Madrid. In Madrid, again the CDdp2 sub-centres are found to be more significant in the explanation of both employment (E) and resident working population (WP). Nevertheless they fail to improve the explained variance of global densities; as a matter of fact in the case of WP the variance is marginally reduced in relation to what is explained by significant sub-

<sup>18</sup> The fact that Barcelona is included is not banal and it is significant that the effect of this municipality is double, one coming from the CBC contained in it, and the other coming from the rest of the employment located across the city.

centres coming from candidates prioritised by classical density. To understand this it is necessary to analyse in greater detail which sub-centres are found significant. Significant sub-centres deriving from CDdp2 are Guadalajara (E & WP), San Martín (E & WP), Valderacete (E & RW), Torrejón (E & WP), Belmonte (E & WP), Colmenar (E & WP), Villarejo and Chinchón (both only in E). Significant sub-centres deriving from classical density are basically the same, however Torrejón is not considered (in neither E nor WP), and Móstoles, the dormitory city, is added (albeit only in WP). The inclusion of Móstoles, the second most populated municipality in the metropolitan area, by the classical density means the improvement of overall working population density because it self-explains its own working population density. Nevertheless from a qualitative perspective it is an error to consider such a municipality, unable to retain at least 70% of its working population as a sub-centre. The fact that Mostoles is selected as significant only in the polycentric model when explaining WP and not when explaining E supports this idea. On the other hand, as can be seen with few exceptions (Guadalajara, Móstoles, Torrejón & Villarejo), all the significant sub-centres are relatively small, with less than 2.000 jobs and are located in the outer periphery, so they are some distance from receiving any significant influence from the CBD. Their locally high densities in terms of employment and resident worker population are explained by themselves and for that reason they provide a poor account of the improvement of global density. Nevertheless, the failure in the improvement of overall density is, from a theoretical perspective, not surprising since the elasticity of built-up density is quite rigid in time. For that reason many empirical works have found that the effect of sub-centres is insignificant (Griffith, 1981) or erratic (McMillen and Lester, 2003).

Tabla 7 Influence of sub-centres on employment and working population in Madrid

	Employment density (RW+IF)/a		Working population (RW+OF)/a	
	Classic density subcentre set	DP2 subcentre set	Classic density subcentre set	DP2 subcentre set
Adj R <sup>2</sup> *	35%	35%	34%	34%
Adj R <sup>2</sup> **	50%	50%	47%	44%
Number of total candidates	23	15	23	15
Percentage of significant subcentres	35%	53%	35%	53%

\* Considering only distance to CBD

\*\* Considering distance to CBD and to significant subcentres

Source: own elaboration

## 6. Conclusions

Polycentrism has become the paradigm of many contemporary metropolises. Some scholars and politicians have seen in this way of spatial arrangement a promising alternative to urban development. Nevertheless, the starting point for the study of polycentrism is the identification of what can be considered as a sub-centre. It implies both the definition of what a sub-centre is expected to be and the devising of indicators capable of their successful identification.

Dealing firstly with a definition, in this paper the conditions stated by McMillen (2001b) are that “a reasonable working definition of a sub-centre is a site (1) with significantly larger employment density than nearby locations that has (2) a significant effect on the overall employment density function” (McMillen, 2001a: 448-449) are extended by adding two further conditions - (3) the necessity that they represent structural elements within metropolitan systems, and at the same time (4) are attractive places for residential and employment purposes. Such a definition has been argued to be valid when spatial units of analysis are bigger than census tracts or their groupings and when polycentrism basically derives from the integration of formerly independent cities, where the mixture of economic activity and population has historically conformed a paradigm as in Europe (especially in Mediterranean urban centres). By having resident population central municipalities build a local identity, develop cultural services and establish bidirectional relations that are added, as externalities, to the influence exerted by employment concentration, and thus reinforce the structuring of surrounding territories. If metropolitan sub-centres are expected to be modest alternatives to central municipalities, and not only employment concentrations, it seems reasonable to demand the compliance of the aforementioned conditions.

Nevertheless, the employment density used in literature does not make differentiation between different kind of employment concentrations: the aggregated treatment of the numerator (total number of employees) for calculating normal density does not differentiate the density produced by incoming commuters from other municipalities, from the density endogenously generated by employed residents who decide to work in the same area. This explains why the classical treatment of employment density is unable to identify areas that are triply attractive because: 1) they have residents, 2) they are sufficiently attractive in labour terms to retain part of the employed population, and 3) they are sufficiently attractive (e.g. economically diversified) to attract workers from other areas.

This paper proposes an alternative means of calculating employment density by introducing basic, but meaningful, elements of metropolitan mobility. By doing that, mobility and density, two faces of the same coin, are placed together. This point differentiates what has appeared in published research to date, where methods for identifying sub-centres have relied on the analysis of either density or mobility.

Distance P2 (DP2), developed by Pena Trapero (1974), is used to compound the densities formed by basic elements of metropolitan mobility. Therefore, it is possible to partially integrate the densities in one sole indicator: deriving from resident workers (RW), the incoming flow of workers (IF) and that lost by outgoing flows of workers (OF). DP2 allows for intentionally intensifying the role played by each element. If RW density is first introduced in the calculus process (CDdp2a) then dormitory municipalities unable to retain their working population are eliminated; if IF (CDdp2b) is first introduced then isolated municipalities unable to establish functional relations with other municipalities are eliminated. By combining the results of CDdp2a and CDdp2b, selected municipalities are a) sufficiently attractive in residential terms to have a resident population; b) sufficiently attractive in employment terms to retain part of their working population; and c) sufficiently diverse to attract workers from elsewhere, i.e. to employ people with professional profiles different from those of their own residents. *Municipalities containing all three traits would more complex centralities than simple employment concentrations, and thus more near of the metropolitan subcentre concept.*

Using the classical density function, i.e. the exponential negative model, the results of applying compound density (CD) have been compared to those produced by the use of classical density in Barcelona and Madrid, two areas of a similar size but differentiated by the level of polycentrism. Although modest in quantitative terms, compound density makes meaningful improvements in the prioritising of municipalities as metropolitan sub-centres. In Barcelona, from a qualitative perspective all dormitory-municipalities proposed by classical density as sub-centres are discarded by CD density, as well as small municipalities which doubtfully play any role in the metropolitan scene and others located in the central continuum. From a quantitative perspective CD sub-centres are more significant, and improve the explanation of overall employment and working population

densities in the polycentric model, in relation to potential sub-centres deriving from classical density. Furthermore, CD sub-centres are denser, more self-contained, more specialised in services with a rigid demand, i.e. central such as FIRE & Business and in top-qualified information activities, and more functionally linked with the rest of the metropolitan area.

For the sole purpose of ratifying the aforementioned conclusions, the analysis was repeated in the structurally different metropolitan area of Madrid, which has a more monocentric structure than Barcelona. The results seem to reinforce the general conclusions reached for Barcelona, nevertheless the CD fails to eliminate all the small municipalities, and to improve the explained variance of overall density (although CD sub-centres are more significant) in the polycentric model. Reasons for such a failure beneath in the more monocentric structure and the existence of small density accidents in the outer periphery, and consequently in the functional model used. Nevertheless, the failure in the improvement of overall density is, from theoretical perspective, not surprisingly since elasticity of (built) density is quite rigid in the time.

The disaggregation of the essential components of employment density appears to reveal significant information regarding the detection of sub-centres that play a major role in the concentration of employment and the paradigmatic features of central cities in Europe. Nonetheless, the method proposed here is not exempt of criticism, hopefully too it will help to stimulate the debate about the most appropriate approach to conceptualise/identify mature subcentres in polycentric Mediterranean metropolises.

## **Bibliography**

AGUIRRE, C. and MARMOLEJO C. *El impacto del policentrismo sobre la distribución espacial de los valores inmobiliarios: un análisis para la Región Metropolitana de Barcelona*. In: Revista de la Construcción, vol 10, n°1, p78-90, 2011.

ALONSO, W. *Location and Land Use*. Cambridge, MA (USA), Harvard University Press, 1964. p.206

ANAS, A.; ARNOTT, R. and SMALL, K. *Urban spatial structure*. In: Journal of Economic Literature, 26: 1426-1464, 1998.

ANDERSON, N.B. and BOGART, W.T. *The Structure of Sprawl. Identifying and Characterizing Employment Centers in Polycentric Metropolitan Areas*. In: Journal of Economics and Sociology, 60: 147-169, 2001.

AL HADDAD, B.; MARMOLEJO, C.; GARCÍA, A.; CAMPRUBI, L. and ROCA, J. *Remote Sensing influence on Urban Agglomeration Delimitation, Spot 5 imagery application on the metropolitan area of Barcelona*. In: European Congress on Regional Geoscientific Cartography and Information System Earth and Water (5th, Barcelona, España). Barcelona, Ed. Geological Institut of Catalunya, 2006.

ATM, Autoritat del Transport Metropolità. *Diagnosi del sistema i directrius del pla director d'infraestructures*. Barcelona, Autoritat del Transport Metropolità, 1998. p.354

BERTAUD, A. and MALPEZZI, S. *The Spatial Distribution of Population in 35 World Cities: The Role of Markets, Planning and Topography*. New York, Center for Urban Land Economics Research. 2003. p.150

BOGART, W.T. and FERRY, W.C. *Employment Centres in Greater Cleveland: Evidence of Evolution in a Formerly Monocentric City*. In: Urban Studies, 36: 2099-2110, 1999.

BOURNE, L. S. *Are new urban forms emerging? Empirical tests for Canadian urban areas*. In: *The Canadian Geographer*, 4: 312–328, 1989.

BOIX, R. and TRULLÉN, J. *Policentrismo y estructuración del espacio: una revisión crítica desde la perspectiva de los programas de investigación (2012)* [en línea] Date of consult: March, 1, 2012. Available at: <[http://www-cpsv.upc.es/ace/Articles\\_n18/articles\\_PDF/ACE\\_18\\_SE\\_20.pdf](http://www-cpsv.upc.es/ace/Articles_n18/articles_PDF/ACE_18_SE_20.pdf)>. 2012. ISSN 1886-4805.>

BONTJE, M. and BURDACK, J. *Edge cities, European-Style: examples from Paris and the Randstad*. In: Cities, 22 (4): 317-330, 2005.

BURNS, M., MOIX, M. and ROCA, J. *Contrasting Indications of Polycentrism within Spain's Metropolitan Urban Regions*. In: European Real Estate Society Conference, (8th, Alicante, Spain, June 26-29). Proceedings. ERES, Alicante, 2001, pp: 650.

CATTAN, N. (Ed.) *Cities and networks in Europe. A critical approach of polycentrism*. John Libbey, Eurotext, Montouge (France) and Esher (UK), 2007. 207 p.

CERVERO, R. *America's suburban centres: The Land use-transportation link*. Unwin Hyman, Boston, 1989. 232 p.

CERVERO, R. and WU, K-L. *Polycentrims, Commuting and Residential Location in the San Francisco Bay Area*. In: Environment and Planning A, 29: 865-886, 1997.

CHAMPION, A.G. *A changing demographic regime and evolving polycentric urban regions: consequences for the size, composition and distribution of city population*. In: Urban Studies, 38 (4): 657-667, 2001.

CHRISTALLER, W. *Die Zentralen Orte in Süddeutschland* (English traduction for Jena, Fisher. *The central places of southern Germany*, Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1966), 1933.

CLARK, T.; LLOYD, R.; WONG, K. and JAIN, P. *Amenities drive urban growth*. In: Journal of Urban Affairs, 24 (5): 493-515, 2002.



CLARK, C. *Urban Population Densities*. In: Journal of the Royal Statistical Society, 114: 375-386, 1951.

COOMBES, M. and OPENSHAW, S. *The use and definition of travel-to-work areas in Great Britain: some comments*. In: Regional Studies, 16: 141-149, 1982.

CRAIG, S.G. and NG, P.T. *Using Quantile Smoothing Splines to Identify Employment Subcenters in a Multicentric Urban Area*. In: Journal of Urban Economics, 49: 100-120, 2001.

CPSV, Centro de Política de Suelo y Valoraciones. *Delimitación del área metropolitana de Barcelona* (Working paper). Barcelona, Centro de Política de Suelo y Valoraciones, Universidad Politécnica de Cataluña, 2001. 80 p.

DEMATTEIS, G. *Suburbanización y periurbanización. Ciudades anglosajonas y ciudades latinas*. In: MONCLÚS, F.J (Ed.) La ciudad dispersa. Barcelona, Centro de Cultura Contemporánea de Barcelona, 1998, pp:9-18 .

DOWALL, D.E. and TREFFEISEN, A. *Spatial Transformation in Cities of the Developing World. Multinucleation and Land-Capital Suburbanisation in Bogotá, Colombia*. In: Regional Science and Urban Economics, 21: 201-224, 1991.

DUANY, A. and PLATER-ZYBERK, E. *Suburban Nation: The Rise of Sprawl and the Decline of the American Dream*. Chicago , North Point Press, 2001. 320 p.

GARCÍA-LÓPEZ, M.A. *Estructura Espacial del Empleo y Economías de Aglomeración: El Caso de la Industria de la Región Metropolitana de Barcelona*. In: ACE: Architecture, City & Environment, 2 (4): 519-553, 2007.

GARCÍA-LÓPEZ, M.A. *Manufacturas y servicios en la RMB, cambios en la estructura espacial de su empleo*. In: Revista de Estudios Regionales, 83: 197-224, 2008.

GARREAU, J. *Edge City: Life on the New Frontier*. New York, Doubleday & Company, 1991. 576 p.

GEMACA. *Les régions Metropoles de l'Europe du Nord-ouest: Limites géographiques et structures économiques*. Paris, IAURIF-GEMACA ,1996. 158 p.

GILLI, F. *Sprawl or Reagglomeration? The Dynamics of Employment Deconcentration and Industrial Transformation in Greater Paris*. In: Urban Studies, Vol 46, N°7 : 1385-1420, 2009.

GIULIANO, G. and REDFEARN, C.L. *Employment concentrations in Los Angeles, 1980–2000*. In: Environment and Planning A, 39 (12): 2935-2957, 2007.

GIULIANO, G. and SMALL, K.A. *Subcenters in Los Angeles Region*. In: Regional Science and Urban Economics, 21: 163-182, 1991.

GORDON, P. and RICHARDSON, H.W. *Beyond Polycentricity: the Dispersed Metropolis, Los Angeles 1970-1990*. In: Journal of American Planning Association, 62: 289-295, 1996.

GORDON, P., RICHARDSON, H.W. and WONG, H.L. *The distribution of population and employment in a polycentric city: the Case of Los Angeles*. In: Environment and Planning A, 18: 161-173, 1986.

GRIFFITH, D.A. *Modelling Urban Population Density in a Multi-centered City*. In: Journal of Urban Economics, 9: 298-310, 1981.

HALL, P. and PAIN, K. (Eds.) *The Polycentric Metropolis: Learning from Mega-city Regions in Europe*. London, Earthscan, 2006.p.228

KAU, J. B. and LEE, C. F. *Capital-Land Substitution and Urban Land Use*. In: Journal of Regional Science, 16 (1): 83-92, 1976.

Kloosterman, R.C. and S. Musterd, "The Polycentric Urban Region: Towards a Research Agenda" in "Urban Studies", 38(4), pp.623-633, 2001

LAUNHARDT, W. *Mathematisch Begründung der Volkswirtschaftslehre*. Leipzig, Teubner, 1885, p. 128.

MARMOLEJO, C. and STALLBOHM, M. *En contra de la ciudad fragmentada: ¿hacia un cambio de paradigma urbanístico en la Región Metropolitana de Barcelona?* In: Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales, XII (270): 65, 2008.

MARMOLEJO, C. and ROCA, J. *La localización intrametropolitana de las actividades de la información: un análisis para la Región Metropolitana de Barcelona 1991-2001*. In: Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias sociales, XII (268) [On line; , 2008.

MCDONALD, J.F. *The Identification of Urban Employment Subcenters*. In: Journal of Urban Economics, 21: 242-258, 1987.

MCDONALD, J.F. *Calibration of a monocentric city model with mixed land use and congestion*. In: Regional Science and Urban Economics, 39 (1): 90-96, 2009.

MCDONALD, J. and MCMILLEN, D. *Employment Subcenters and Land Values in a Polycentric Urban Area: the Case of Chicago*. In: Environment and Planning A, 22: 1561-1574, 1990.

MCDONALD, J. and PRATHER, P. *Suburban employment centres: The case of Chicago*. In: Urban Studies, 31: 201-218, 1994.

- MCMILLEN, D. *One hundred fifty years of land values in Chicago: A nonparametric approach*. In: Journal of Urban Economics, 40: 100-124, 1996.
- MCMILLEN, D. *Non-Parametric Employment Subcenter Identification*. In: Journal of Urban Economics, 50: 448-473, 2001 (a).
- MCMILLEN, D. *The centre restored: Chicago's Residential price gradients reemerges* *Economic Perspectives*, 2Q/2002. Chicago university press, Chicago , 2001(b).
- MCMILLEN, D. *Employment subcentres in Chicago: Past, Present and future* *Economic Perspectives*, 2Q/2003. Chicago university press, Chicago , 2003, pp: 2-14.
- MCMILLEN, D. *Identifying sub-centres using contiguity matrices*. In: Urban Studies, 40 (1): 57-69, 2003b.
- MCMILLEN, D. *The return of centralization to Chicago: Using repeat sales to identify changes in house price distance gradients*. In: Regional Science and Urban Economics, 33: 287-304, 2003c.
- MCMILLEN, D. *Employment densities, spatial autocorrelation, and subcenters in large metropolitan areas*. In: Journal of Regional Science, 44: 225-243, 2004.
- MCMILLEN, D.P. and LESTER, T.W. *Evolving subcenters: employment and population densities in Chicago, 1970–2020*. In: Journal of Housing Economics, 12: 60-81, 2003.
- MCMILLEN, D. and MCDONALD, J.F. *A Nonparametric Analysis of Employment Density in a Polycentric City*. In: Journal of Regional Science, 37: 591-612, 1997.
- MCMILLEN, D. and SMITH, S. *The number of subcenters in large urban areas*. In: Journal of Urban Economics, 53: 321-338, 2003.
- MMAMB, Mancomunitat de Municipis de l'Àrea Metropolitana de Barcelona. *Dinàmiques metropolitanas a l'àrea i la regió de Barcelona*. Barcelona, Diputació de Barcelona, 1995 p. 336
- MILLS, E.S. and HAMILTON, B.W. *Urban Economics*. In: MILLS, E.S. and HAMILTON, B.W. Studies in the Structure of the Urban Economy. Glenview, IL (USA), Scott Foresman, 1984, pp:347-357 .
- MEIJERS, E. *Measuring polycentricity and its promises*. In: European Planning Studies, 16: 1313-1323, 2008.
- MONTERO, J.M.; CHASCHO, C. and LARRAZ, B. *Building an environmental quality index for a big city: a spatial interpolation approach combined with a distance indicator*. In: Journal of Geographic Systems, 12: 435-459, 2010.
- MUÑIZ, I. and GARCÍA-LÓPEZ, M.A. *Policentrismo y sectores intensivos en información y conocimiento*. In: Ciudad y Territorio Estudios Territoriales, 160: 263-290 , 2009.

- MUÑIZ, I. and GARCÍA-LÓPEZ, M.A. *The polycentric knowledge economy*. In: Urban Geography, 31: 774-799, 2010.
- MUÑIZ, I.; GALINDO, A. and GARCÍA-LÓPEZ, M.A. *Cubic Spline Density Functions and Satellite City Delimitation: The Case of Barcelona*. In: Urban Studies, 40: 1303-1321, 2003.
- MUÑIZ, I; GARCÍA-LÓPEZ, M.A. and GALINDO, A. *The effect of employment subcentres on the population densities in Barcelona*. In: Urban Studies, 45: 627-649, 2008.
- MUTH, R. *Cities and Housing*. Chicago, Chicago University Press, 1969.p.356
- NEL-LO, O. *Ciutat de ciutats*. Barcelona, Ed. Empúries, 2001.p.240
- O'SULLIVAN, A. *Urban Economics* (6th Edition). New York, Mc graw Hill, 2007.p. 404.
- PENA, J. B. *Problemas de la medición del bienestar y conceptos afines. Una aplicación al caso español*. Madrid, Instituto Nacional de Estadística, 1977. p.218.
- PHELPS, N. and WOOD, A. *The New Post-suburban Politics?* In: Urban Studies, 48 (12): 2591-2610, 2011.
- REDFEARN, C.L. *The Topography of Metropolitan Employment: Identifying Centers of Employment in a Polycentric Urban Area*. In: Journal of Urban Economics, 61: 519-561, 2007.
- ROCA, J. and MOIX, M. *The Interaction Value: Its Scope and Limits as an Instrument for Delimiting Urban Systems*. In: Regional Studies, 39: 359-375, 2005.
- ROCA, J.; MARMOLEJO, C. and Moix, M. *Urban Structure and Polycentrism: Towards a redefinition of the sub-centre concept*. In: Urban Studies, Vol. 46.N°13 2841-2868, 2009.
- SÁNCHEZ J. *Barcelona: transformaciones en los sistemas productivos y expansión metropolitana*. In: MONCLÚS, F.J. (Ed.) *La ciudad dispersa*. Barcelona, Centro de Cultura Contemporánea de Barcelona, 1998, pp. 1-8.
- SHEARMUR, R. and COFFEY, W.J. *A Tale of Four Cities: Intrametropolitan Employment Distribution in Toronto, Montreal, Vancouver, and Ottawa-Hull, 1981-1996*. In: Environment and Planning A, 34: 575-598, 2002.
- SILVESTRO, J.M. and ROCA, J. *La ciudad como lugar*. In: Revista ACE: architecture, city and environment, 1 (3): 400-411, 2007.
- SUAREZ, M. and DELGADO, J. *Is Mexico City Polycentric? A trip attraction capacity approach*. In: Urban Studies, 46 (10): 2.187-2.211, 2009.

SONG, S. *Modelling Worker Residence Distribution in the Los Angeles Region*. In: Urban Studies, 31: 1533-1544, 1994.

STEWART, J. *Suggested Principles of Social Physics*. In: Science, 106: 179-180, 1947.

VON THÜNEN, J.H. *Von Thünen's isolated state* (an English edition of *Der isolierte Staat*), 1826.

WHITE, M.J. *Urban areas with decentralized employment: Theory and empirical work*. In: CHESIRE, P. and MILLS, E.S. (Eds.) Handbook of Regional and Urban Economics (Vol. 3). North-Holland, Applied Urban Economics, 1999, pp: 1.375-1.412.

## Capítulo 6 Conclusiones

Este capítulo desarrolla las conclusiones propuestas a partir de los tres artículos presentados en el cuerpo de esta tesis, le da un cierre a la línea de investigación, presenta las limitaciones del estudio e investigaciones posteriores que se han desarrollado para terminar, presentando las proyecciones de este proceso doctoral.

### Sobre los artículos

Los artículos presentados, han desarrollado de forma progresiva las metodologías de identificación, y validación, sus impactos en los valores inmobiliarios, la producción de CO<sub>2</sub>, la movilidad y el manto de densidad de trabajadores.

Se prueban distintas propuestas de medición de la densidad de trabajadores, que hacen crisis en el concepto tradicional de densidad, en ella, los trabajadores se suman considerando de forma indistinta si son trabajadores residentes o viajeros entrantes. Las dos nuevas métricas propuestas; la densidad vectorial, donde se suponen ortogonalidad entre los distintos tipos de trabajadores y la densidad compuesta, que supone que los distintos tipos de trabajadores están correlacionados y se sintetizan mediante una DP2. Con cada una de estas variantes de densidad se aplicó un procedimiento de detección y validación de subcentros metropolitanos, que identifican la emergencia de una concentración de densidad por sobre un modelo de monocentralidad, y posteriormente se valida el efecto de este sobre su vecindad.

Desde esa lógica, los artículos presentados logran consolidar una metodología de identificación de concentraciones de empleo que, en condiciones especiales, propias de la definición de subcentro, se validan como subcentralidades relevantes y articuladoras del territorio. En sí, la densidad compuesta presenta buenos resultados para la Región Metropolitana de Barcelona, identificando un grupo de subcentros más robustos explicando de mejor forma las vecindades expresadas en el manto de densidad laboral.

Las relaciones entre los artículos están basadas en este efecto de agregación y recursividad, explicados en el capítulo 1 y complementadas con el anexo 1, donde se presenta el conjunto de los artículos de congresos. En ese sentido las grandes conclusiones transversales guardan relación con la aplicabilidad del método de identificación, basado en una definición de subcentro que se arrastra desde el primer artículo, su capacidad de ser aplicado con los datos censales y, asimismo un contraste entre las diferentes formas de densidad evaluadas. En ese punto, las densidades que consideran la diferenciación de los trabajadores resultan más robustas para identificar y validar subcentralidades acorde a la definición, que la densidad tradicional. En términos de su validación, en todos los casos, aumenta la explicación de los mantos de densidad, respecto a la densidad tradicional. Además, en el caso de la vectorial y compuesta mejora la explicación de la movilidad metropolitana. En el caso de los valores inmobiliarios, para la Región Metropolitana de Barcelona,

la densidad vectorial presentó resultados satisfactorios. Para el caso de la densidad compuesta, esta validación no fue satisfactoria, por lo tanto, esos resultados no fueron incorporados en los artículos.

Respecto a los modelos de identificación, mediante diez diferentes formas de detección de subcentros se ha probado en primera instancia, que la Región Metropolitana de Barcelona posee cierto grado de policentrismo.

En el artículo 1 se selecciona el método de identificación más satisfactorio y se replica en los artículos posteriores. Este consiste en la identificación de los candidatos a subcentros, mediante el análisis de los residuos de una regresión de la densidad de trabajadores, contra la distancia al CBD, que equivale a un comportamiento monocéntrico, asumiendo que los municipios que tengan un residuo mayor o igual a una desviación estándar, positiva, son los candidatos naturales a ser subcentralidades, al escaparse de la línea de referencia monocéntrica, siendo una anomalía de densidad en el territorio. Asumiendo la prevalencia del modelo de renta ofertada (*bid rent*) que establece un *trade off* entre la renta que se transfiere al suelo y los costes de transporte que han sido puestos a prueba en el escenario de una metrópoli policéntrica.

En el caso de las validaciones, se desarrollaron de forma progresiva en cada uno de los artículos. En los artículos de congresos C1 y C2<sup>1</sup>, más los artículos de revistas A1<sup>2</sup> y A2<sup>3</sup>, se presenta la primera versión de estas validaciones, donde además se logra captar el efecto de los subcentros en distintas dimensiones. En los dos artículos posteriores, C5<sup>4</sup> y A3<sup>5</sup>, se presentaron distintas aproximaciones a estas validaciones.

Si bien la literatura económica no ha considerado cuantitativamente la movilidad y los aspectos ambientales, dentro de la línea principal de investigación en subcentros y estructuras urbanas policéntricas, estos por sí mismos, permiten la validación de subcentros al cuantificar los efectos que generan sobre sus vecindades. Es importante establecer que los modelos obtenidos pertenecen a la Región Metropolitana de Barcelona, en todos los estudios sobre la misma presenta una composición policéntrica, por lo que es necesario extrapolar este análisis, en la medida en que los datos disponibles permitan realidades más monocéntricas. Asimismo, los nuevos aspectos son importantes para consolidar la teoría de la estructura urbana y la creación del marco político para abordar los temas metropolitanos.

Como era de esperar la proximidad a los subcentros parece tener un efecto positivo en el valor de las viviendas, en la Región Metropolitana de Barcelona. Del conjunto de modelos hedónicos ensayados, únicamente el construido con los subcentros detectados por medio del análisis de la densidad vectorial siguiendo una expresión funcional exponencial negativa, tanto de la distancia del subcentro como de la distancia la CBD.

---

<sup>1</sup> Anexo 2

<sup>2</sup> Capítulo 3

<sup>3</sup> Anexo 2

<sup>4</sup> Capítulo 4

<sup>5</sup> Capítulo 5

La densidad de empleo utilizada en la literatura no diferencia entre diferentes tipos de concentraciones de empleo. El tratamiento agregado del numerador (número total de empleados) para calcular la densidad normal, no diferencia la densidad producida por los viajeros que llegan desde otros municipios, de la densidad generada endógenamente por residentes ocupados que deciden trabajar en la misma zona. Esto explica por qué el tratamiento clásico de la densidad de empleo es incapaz de identificar áreas triplemente atractivas porque:

- 1) tienen residentes,
- 2) son lo suficientemente atractivas en términos laborales para retener parte de la población ocupada, y
- 3) son lo suficientemente atractivas (por ejemplo, económicamente diversificadas) para atraer trabajadores de otras áreas.

Por tanto, se exploraron distintos tipos de combinaciones de estos indicadores, como se mencionó anteriormente. Al hacer eso, la movilidad y la densidad, dos caras de la misma moneda, se colocan juntas. Este punto diferencia lo que ha aparecido en las investigaciones publicadas hasta la fecha, donde los métodos para identificar subcentros se han basado en el análisis de densidad o movilidad.

Se comparan los resultados de la aplicación de la densidad compuesta<sup>6</sup> con los producidos por el uso de la densidad clásica en Barcelona y Madrid, dos zonas de similar tamaño, pero diferenciadas por el nivel de policentrismo. Aunque modesta en términos cuantitativos, la densidad compuesta mejora significativamente la priorización de los municipios como subcentros metropolitanos.

En Barcelona, desde una perspectiva cualitativa todos los municipios dormitorio propuestos por densidad clásica como subcentros son descartados por densidad compuesta, así como municipios con grandes superficies comerciales que dudosamente juegan algún rol en el escenario metropolitano y otros ubicados en el continuo central. Desde una perspectiva cuantitativa, los subcentros identificados, son más significativos y mejoran la explicación de las densidades globales de empleo y población activa en el modelo policéntrico, en relación con los subcentros potenciales derivados de la densidad tradicional. Estos subcentros son más densos, más autónomos, más especializados en servicios de demanda rígida, es decir, centrales en actividades de información de alta calidad y más funcionalmente vinculados con el resto del área metropolitana.

Con el único fin de ratificar las conclusiones mencionadas, el análisis se repitió en el Área Metropolitana de Madrid, estructuralmente diferente, con una estructura más monocéntrica que Barcelona. Los resultados parecen reforzar las conclusiones generales alcanzadas para Barcelona, sin embargo, no logra eliminar todos los municipios pequeños, y no mejora la varianza explicada de la densidad general (aunque los subcentros identificados, son más significativos) en el modelo policéntrico. Razones de tal falla debajo en la estructura más monocéntrica y la existencia de accidentes de pequeña densidad en la periferia exterior, y consecuentemente en el modelo

---

<sup>6</sup> Capítulo 6



funcional utilizado. Sin embargo, el fracaso en la mejora de la densidad general, desde una perspectiva teórica, no es sorprendente ya que la elasticidad de la densidad (construida) es bastante rígida en el tiempo.

La desagregación de los componentes esenciales de la densidad de empleo, parecen revelar información significativa sobre la detección de subcentros que juegan un papel importante en la concentración del empleo y las características paradigmáticas de las ciudades centrales en Europa. No obstante, el método que aquí se propone no está exento de críticas, esperemos que también ayude a estimular el debate sobre el enfoque más adecuado para identificar subcentros maduros en metrópolis mediterráneas policéntricas, desarrollando ese proceso con una conceptualización más amplia de los subcentros. Las principales críticas de los modelos y su principal debilidad, es la posibilidad real de interpretación de la operatoria matemática, que permite construir las distintas versiones de la densidad, siempre asociadas a una definición dicotómica de los métodos o de movilidad o de concentración.

## Conclusión por línea

Tal como se comentaba en el capítulo 1 y en Anexo 1, el trabajo de investigación cuenta con dos líneas de trabajo. La primera que es la comentada a profundidad en la primera parte de este capítulo, la segunda línea corresponde al trabajo realizado de forma anexa, la línea de identificación, validación de subcentros y policentrismo, este trabajo fue realizado en conjunto con el equipo de investigación y si es complementario con los avances identificados en el proceso.

En el proceso de identificación de subcentros y policentrismo, no se desarrollaron críticas a la determinación de la extensión de las áreas metropolitanas a analizar, ya que procederían a complejizar los procesos de análisis de regresión y, asimismo, incorporar municipios lejanos que pueden contar con relaciones funcionales, pero al tener muy pocos habitantes, y por ende muy pocos trabajadores, o superficies muy pequeñas, distorsionan la densidad como indicador. Por tanto, se desarrollaron diferentes elementos de análisis en base a dos grandes sub-líneas:

- 1.- El desarrollo de métodos comparados de delimitación de áreas metropolitanas.
- 2.- Identificación de subcentros de forma comparada, mediante el método de cut off<sup>7</sup>, para hacerlos comparables, entre las 7 áreas metropolitanas identificadas.

En ese sentido, esta línea aportó los siguientes elementos de juicio para las conclusiones de la línea principal, como una de mejor comprensión del policentrismo, y otra de comprensión de distintos tipos de análisis de subcentralidad según cada área metropolitana.

Estos se plasmaron en el proceso del proyecto CSO 2009 7218, denominado ¿Hacia un sistema de metrópolis policéntricas?: Evolución, caracterización e influencia de los subcentros metropolitanos

---

<sup>7</sup> Anexo 2, método de corte de máximos de trabajadores en territorio.

sobre la eficiencia de la urbanización”, dirigido por Carlos Marmolejo y con el doctorando como investigador asociado al proyecto<sup>8</sup>.

## Limitaciones

Las principales limitaciones de la investigación nacen de tres vertientes. La primera hace alusión a las limitaciones de la metodología en su aplicación en realidades metodológicas diferentes a las mediterráneas. La segunda propia de un análisis de la densidad y sus diferentes versiones, y por último, la asociada a las escalas de análisis.

La aplicación de los métodos e identificación, y validación de subcentros, con los métodos enunciados en esta investigación, no son tan fácilmente trasladables a otras ciudades. En sí, las realidades de cada una de las ciudades responden a sus procesos de formación del territorio y por tanto también cuentan con procesos de endogeneidad en sus relaciones cuantitativas. Asimismo, las diversas naturalezas de las ciudades y sus relaciones funcionales entre los distintos territorios, son relevantes de analizar antes de contar con el adecuado desarrollo de los métodos. Por otro lado, la calidad y cantidad de información es diferente según las políticas de datos públicos, también se considera una limitación previa a la aplicación de estas metodologías.

Si bien, la propuesta de componer la densidad de una manera distinta a la densidad tradicional, resulta atractiva, aun no demuestra su robustez para explicar el efecto de mantos de precios, en sus versiones más complejas. Si bien en la versión vectorial donde existe un análisis geométrico y topológico de las características de los territorios, es aceptable y permite validar las hipótesis un subcentro verdadero, la versión más compleja, la compuesta, no es capaz de explicar los precios. Esto es sin duda, un elemento a revisar en aplicaciones hacia otras realidades metropolitanas, en especial a las que se encuentran en condición monocéntrica o con un policentrismo débil.

Por último, es pertinente establecer que las diferencias entre los tamaños de los territorios, como elemento que agrega limitaciones al análisis. Por ejemplo, la superficie artificializada de los municipios muy pequeños, podría aumentar de manera exógena la densidad y por ende, independiente de la medida de tratamiento matemático de la cantidad de trabajadores (simple o compuesta). En ese sentido, es pertinente establecer cual o cuales serían estos territorios y su importancia como vertebradores del territorio. En ese sentido, es necesario recordar (Roca, Moix, & Arellano, 2012) y su delimitación de sistemas funcionales, quizás como primer paso en el análisis de territorios con diversidad de superficies. En esa misma lógica, en ciudades con grandes niveles de segregación socio-espacial-residencial (Vergara, Aguirre, Encinas, Trufello, & Ladron de Guevara, 2020), pueden presentar diferencias significativas en la continuidad de sus sistemas funcionales, respecto a las ciudades mediterráneas, al segregar territorialmente por niveles de ingresos a la población, alejando sus relaciones de funcionales y de complementariedad.

---

<sup>8</sup> <https://futur.upc.edu/2079621>

## Nuevas líneas de investigación

El aporte y desarrollo de la investigación, ha permitido desarrollar un corpus teórico empírico que sirve de piedra angular para la producción científica posterior., La etapa seminal, donde se establecen las bases de un proceso mayor, es la que guarda relación con la investigación doctoral inicial, sin embargo, son fundamentales para el desarrollo de los productos posteriores. Tanto el desarrollo teórico de la estructura urbana policéntrica, como también las herramientas, técnicas y análisis matemáticos, han sido aplicados en distintos conceptos y problemáticas, complementarias desde la económica urbana e inmobiliaria, hasta la sostenibilidad y eficiencia energética. En esa lógica, la estructura urbana guarda relación con gran paraguas metodológico y epistemológico para analizar problemáticas asociadas. Desde un paradigma funcional y cuantitativo, se han podido desarrollar diferentes problemáticas en áreas temáticas asociadas a la ciudad y sus diferentes estructuras sociales o económicas.

En esa lógica, los temas desarrollados en el tiempo se resumen en 5 áreas temáticas que se van desarrollando de forma convergente. Estas son:

1. Estructura Urbana
2. Centralidad y subcentralidad en ámbitos metropolitanos
3. Mercados inmobiliarios
4. Sustentabilidad y energía
5. Energía y Ciudad

Esto ha desembocado en la producción artículos, capítulos de libro y libros de texto, sobre las temáticas en cuestión. Los artículos publicados en revistas de corriente principal, están en coautoría con otros investigadores y se articulan principalmente en los temas de mercados inmobiliarios, siendo basal los artículos A1, A2, C1, C2 y C5. Para los capítulos de libro, tanto es fundamental, establecer los elementos fundantes en la reflexión del artículo C9 y de C11.

En el caso de los libros, ambos en coautoría, se presentan distintas conclusiones que ponen el dialogo algunos puntos existentes en los artículos presentes en ambas líneas de trabajo, haciendo principal énfasis en la conformación del precio inmobiliario A2 y en la delimitación de áreas metropolitanas A4.

## Anexo 1

### Introducción

Esta investigación buscó establecer elementos de análisis sobre el policentrismo urbano, sus formas de identificación y medida de los efectos diferenciales de la centralidad desde distintas perspectivas. Así funda una línea de análisis que ha sido presentada en los últimos tiempos con producción científica asociada a los modelos de centralidad y precios de vivienda y suelo.

La agenda de investigación, cuenta con propósito central definido por la exploración de métodos e indicadores que permitan la detección y validación de aglomeraciones de trabajadores que sean efectivamente subcentros urbanos. Para ello, se busca probar distintos métodos de identificación, construyendo diversas medidas sintéticas de densidad de trabajadores, probando distintos métodos de detección, aproximaciones funcionales y por último desarrollando distintos criterios de validación.

Desde esa perspectiva, resulto necesario definir, probar y validar, tanto la definición de subcentros como los métodos de identificación (indicadores, procedimientos y validaciones). En una primera etapa. Esta identificación de subcentros laborales, de alcanzo probando de forma secuencial diferentes métodos, probado diferentes aproximaciones metodológicas para ello, desde una, en base al estado del arte pertinente, después establecer elementos claves para la definición y validación de subcentros urbanos. En una segunda etapa, se separó el análisis en tres vertientes, la densidad de trabajadores y sus distintas medidas sintéticas; el desarrollo de delimitación de áreas metropolitanas y la identificación de subcentros en cada una de esas realidades<sup>1</sup>; y por ultimo un proceso de discusión, teorización sobre el policentrismo en ámbitos metropolitanos.

En total, se desarrollaron 16 productos de investigación, correspondiendo a 4 artículos publicados y 12 presentaciones en congresos, publicadas en los anales y actas de dichos congresos, siendo 11 congresos considerados notables UPC, de los cuales uno cuenta con indexación Scopus. El doctorando es autor principal en 9 de los 16 artículos. (2 artículos de revista y 7 artículos en actas de congreso). Segundo autor en 5, (un artículo de revista y 4 artículos en actas de congreso).

La ligazón de estos productos de investigación, mantiene una lógica prueba de hipótesis, mediante la presentación de productos avanzados a congresos con revisión de pares, una vez recogido los comentarios y análisis de los comentarios en la presentación del congreso; se sistematiza y realiza una versión extendida o sintética, que es un artículo científico de mayor extensión y profundidad, que se somete a revisión de pares. En ese contexto, cada versión hacia adelante es una versión ampliada, corregida y mejorada de alguno de los preceptos según las líneas de análisis definidos anteriormente.

Cabe destacar, que estas publicaciones conforman un proceso seminal de investigación que se mantiene hasta el día de hoy en otros ámbitos que superan el espacio de esta investigación. En esa lógica, la producción científica del periodo corresponde a un cuerpo articulado y asociado a

---

<sup>1</sup> Aportando con otros doctorandos del grupo de investigación del CPSV, bajo la dirección de Carlos Marmolejo.

las temáticas de policentrismo y subcentralidad, y sus impactos asociados a los valores inmobiliarios y ambientales.

Además, se contó con el apoyo del proyecto MICINN a través del proyecto CSO 2009 7218, denominado ¿Hacia un sistema de metrópolis policéntricas?: Evolución, caracterización e influencia de los subcentros metropolitanos sobre la eficiencia de la urbanización, dirigido por Carlos Marmolejo y con el doctorando como investigador asociado al proyecto<sup>2</sup>.

### Listado de producción científica

El proceso de investigación decanta en el desarrollo de los 16 productos de investigación, alineados en la identificación, validación y análisis de una estructura policéntrica en Barcelona. Esto se realizó en el siendo parte del Equipo del Centro de Política de Suelos y Valoraciones, como parte del equipo de investigación desarrollando una parte de ella, en la Facultad de Arquitectura e ingeniería de la Universidad Católica de Lovaina, en Lovaina la nueva, especialmente en el Grupo de Arquitectura y Clima, dirigido por Andre d´ Herde. Este proceso es del cual da cuenta este documento. En la lógica formal, no existía hasta el 2019, un reglamento que permitiera la titulación con un compendio de artículos indexados en las bases de datos de corriente principal.

Con ello, este proceso se evidencio en artículos publicados y presentaciones en congresos de corriente principal, que se muestran en las tablas 1 y 2. En ellos se identifican dos grandes líneas de convergentes, una la de que abarca la identificación de subcentros haciendo énfasis en los métodos y medidas para la detección de esta subcentralidad, con 3 artículos en revistas 9 artículos en actas de congresos. Además, se observa una línea secundaria de análisis del policentrismo y su aplicación a varias áreas metropolitanas españolas, con un artículo en revista y 3 en actas de congresos.

*Tabla 1 : Artículos en revistas de corriente principal*

Cod	Año	Autores	Doctorando como Autor principal	Nombre Artículo	Revista/ congreso	Indexación
A1	2011	Aguirre Núñez, Carlos Andrés; Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro	si	<a href="#">Efecto del policentrismo sobre los valores inmobiliarios, un análisis para la Región Metropolitana de Barcelona</a>	Rev Construcción	WOS/scopus
A2	2010	Aguirre Núñez, Carlos Andrés; Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro	si	<a href="#">Hacia un método integrado de identificación de subcentros a escala municipal: un análisis para la Región Metropolitana de Barcelona</a>	ACE	S/I en el periodo Notable UPC Actualmente Scopus
A3	2013	Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro; Aguirre Núñez, Carlos Andrés; Roca Cladera, Josep	no	<a href="#">Revisiting employment density as a means to detect metropolitan sub-centres: an analysis for Barcelona and Madrid</a>	ACE	Scopus
A4	2013	Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro; Masip Tresserra, Jaume; Aguirre Núñez, Carlos Andrés	no	<a href="#">Policentrismo en el sistema urbano español: un análisis para 7 áreas metropolitanas</a>	Ciudad y territorio	S/I en el periodo Notable UPC Actualmente Scopus

<sup>2</sup> <https://futur.upc.edu/2079621>

## Influencia de los subcentros metropolitanos en la estructura de los valores inmobiliarios y nuevos métodos de identificación de centralidades

Fuente: Elaboración propia en base a UPCOMMONS.

Tabla 2 Artículos en actas de congresos de especialidad.

Cod	Año	Autores <sup>3</sup>	Autor principal	Nombre Artículo	Revista/ congreso	Indexación
C1	2009	Aguirre Núñez, Carlos Andrés; Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro	si	<a href="#">Efectos de los subcentros urbanos en los valores inmobiliarios: estudio del caso de la Región Metropolitana de Barcelona</a>	CTV	Notable UPC
C2	2009	Aguirre Núñez, Carlos Andrés; Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro	si	<a href="#">Effects of labor subcentres in urban property values. Case study of the metropolitan region of Barcelona</a>	ERSA	Notable UPC
C3	2010	Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro; Aguirre Núñez, Carlos Andrés; Ruiz Lineros, Manuel	no	<a href="#">¿Hacia un sistema de metrópolis españolas policéntricas?: caracterización de su estructura metropolitana</a>	CTV	Notable UPC
C4	2010	Aguirre Núñez, Carlos Andrés; Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro; Roca Cladera, Josep	si	<a href="#">Revisiting employment density as a way to detect metropolitan subcentres: an analysis for Barcelona &amp; Madrid.</a>	ERSA	Notable UPC
C5	2011	Núñez, C.A., Duarte, C.M.;	si	<a href="#">Identification of urban subcentres by means of land use, electric consumption and CO 2 production. The case of Barcelona Metropolitan Area (RMB)</a>	PLEA 2011	Scopus
C6	2011	Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro; Aguirre Núñez, Carlos Andrés; Masip Tresserra, Jaume; Chica Mejía, Juan Eduardo; Pérez Prieto, Claudia Beatriz	no	<a href="#">Polycentrism in the Spanish metropolitan system an analysis for 7 metro areas</a>	ERSA	Notable UPC
C7	2011	Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro; Pérez, Claudia; Chica Mejía, Juan Eduardo; Masip Tresserra, Jaume; Aguirre Núñez, Carlos Andrés	no	<a href="#">Revisión metodológica de la delimitación metropolitana: un análisis para el sistema metropolitano español</a>	CTV	Notable UPC
C8	2011	Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro; Aguirre Núñez, Carlos Andrés; Cerdà Troncoso, Jorge Francisco	No	<a href="#">Time-density and polycentrism in the spanish metropolitan system: a first approach</a>	CTV	
C9	2011	Aguirre Núñez, Carlos; Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro	si	<a href="#">Subcentros urbanos y precios de vivienda: un marco de análisis</a>	CTV	Notable UPC
C10	2011	Aguirre Núñez, Carlos; Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro	si	<a href="#">Hacia nuevas formas de evaluar la estructura del territorio metropolitano, casos de Barcelona y Madrid</a>	Socializar Conocimi entos	S/indexación
C11	2011	Marmolejo, C.; Aguirre, C.; Ruiz, M. & Cerda, J.	no	<a href="#">New ways of life. Is polycentrism tackling dispersal in Mediterranean metropolises?: A first Approach,</a>	UIA	Notable UPC

<sup>3</sup> Se mantiene el nombre de los autores tal como figura en las diferentes Bases de datos (WOS, Scopus), al final de este documento, se presentan los listados de estas bases de datos actualizados al cierre de esta redacción.

C12	2019	Aguirre Núñez, Carlos Andrés; Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro; Vergara Perucich, Jose Francisco	si	<a href="#">Centralidad y subcentralidad en ciudades con baja regulación, el caso Antofagasta y la Serena en Chile</a>	CTV	Notable UPC
-----	------	---	----	--	-----	-------------

Fuente: Elaboración propia en base a UPCOMMONS.

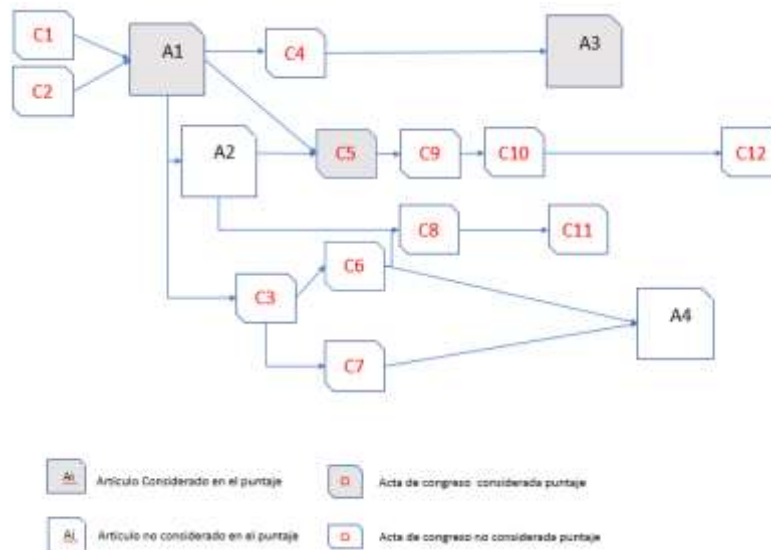
### Articulación de la producción científica

La producción científica, es un cuerpo ordenado de avance en una temática, con varios hitos necesarios para su validación y propuesta al ámbito. En primera instancia la lógica de desarrollo de los productos de investigación es la prueba y desarrollo de hipótesis de trabajo, que se evidencian en los congresos con temáticas y resultados preliminares, que después se validan al ser presentados, revisados, corregidos y publicados en revistas de corriente principal.

Los artículos presentan lógicas de construcción temática, siendo la de desarrollo principal la denominada subcentros. Esta línea, permite llegar a los objetivos propuestos en el plan de investigación inicial y sus modificaciones posteriores. Consta de 12 de los 16 artículos presentados y asimismo, es el corazón de proceso de investigación. En la línea secundaria, denominada análisis de áreas metropolitanas españolas, consta de 4 de los 16 artículos, todos de creación colectiva en el grupo de investigación, dirigido por Carlos Marmolejo., en el marco del proyecto de investigación

Los artículos 16 mencionados se pueden considerar de la siguiente forma secuencial. Desde las primeras en los congresos (CTV<sup>4</sup> y ERSA<sup>5</sup>), hasta los artículos en revistas 3 y 4;(en ACE y Ciudad y territorio), y los congresos CTV, en su última versión y el de la UIA<sup>6</sup>

Figura 1 Secuencia de artículos



Fuente Elaboración propia

<sup>4</sup> Congreso de Ciudad y Territorio Virtual, <https://revistes.upc.edu/index.php/CTV> (13 versiones a la fecha, Bianaual).

<sup>5</sup> European Regional Studies Asociation <https://ersa.org/> (59 Ediciones a la fecha, anual)

<sup>6</sup> International unit of architectes <https://www.uia-architectes.org/webApi/en/congress> ( cada 3 años, desde 1948)

Los artículos, son clasificados en 4 grupos, para su comprensión como parte de este compendio.

1. Artículos publicados en revistas con indexación Scopus y/o WOS (Science Citation Index Expanded), a ser considerados en el cálculo de puntuación para este compendio, acorde al reglamento de presentación de tesis doctoral por compendio de artículos. (capítulos 3 y 5).
  - a. (A1) Aguirre, C.A.; Marmolejo, C. Efecto del policentrismo sobre los valores inmobiliarios, un análisis para la Región Metropolitana de Barcelona. "Revista de la Construcción", Aceptado: 06 diciembre 2010, p. 1-24.
  - b. (A3) Marmolejo Duarte, Carlos, Aguirre, C.A , Roca; J. ; Revisiting employment density as a means to detect metropolitan sub-centres: an analysis for Barcelona and Madrid. A: "ACE: Architecture, City and Environment", Aceptado: 15 de Julio de 2013, vol. 8, núm. 23, p. 33-64.
2. Artículos publicados en revistas, y que son parte del proceso de investigación, pero no son considerados para el cálculo del puntaje. (anexo 2)
  - a. (A2) Aguirre, C.A, Marmolejo, C ;. Hacia un método integrado de identificación de subcentros a escala municipal: un análisis para la Región Metropolitana de Barcelona. "ACE: architecture, city and environment", Aceptado; 18 de septiembre de 2010, vol. 14, p. 99-122.
  - b. (A4) Marmolejo, C.; Masip, J.; Aguirre, C.A. Policentrismo en el sistema urbano español: un análisis para 7 áreas metropolitanas. "Ciudad y Territorio, Estudios Territoriales", Aceptado el 22 de enero de 2013, p. 281-300.

Ambos artículos fueron descartados del cálculo del puntaje, por distintas razones. En primero por ser el cierre de la etapa de master universitario y presentar las bases constituyentes para el desarrollo de la etapa doctoral. Por su lado el segundo, es por ser el tercer autor.

3. Artículos publicados en actas de congreso, que están indexados en Scopus, a ser considerados en el cálculo de puntuación para este compendio, acorde al reglamento de presentación de tesis doctoral por compendio de artículos. (Capitulo 4)
  - a. ( C5) Núñez, C.A., Duarte, C.M.; Identification of urban subcentres by means of land use, electric consumption and CO 2 production. The case of Barcelona Metropolitan Area (RMB), PLEA 2011 - Architecture and Sustainable Development, Conference Proceedings of the 27th International Conference on Passive and Low Energy Architecture2011, Pages 125-13127th International Conference on Passive and Low Energy Architecture: Architecture and Sustainable Development, PLEA 2011; Louvain-la-Neuve; Belgium; 13 July 2011 through 15 July 2011; Code 91393

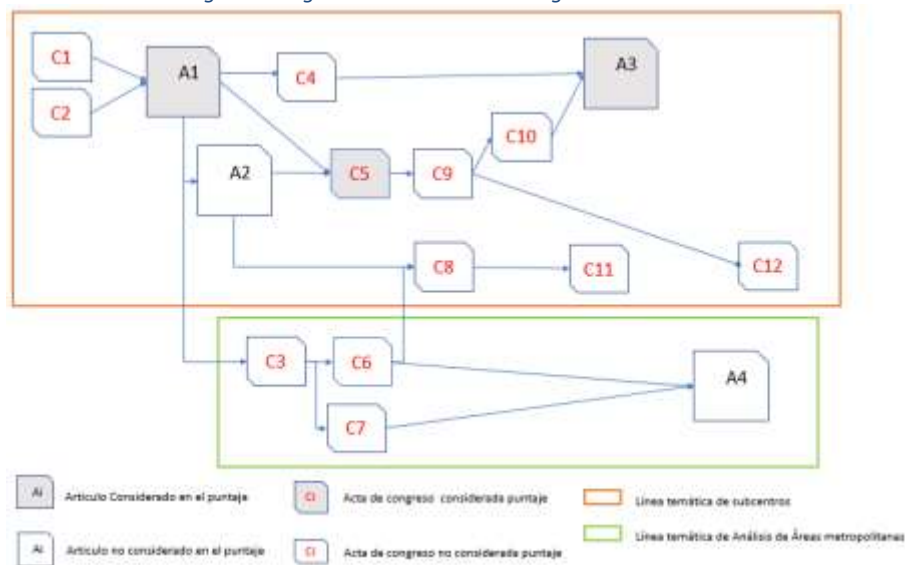


4. Artículos publicados en actas de congresos y presentados en congresos, que no serán considerados para el cálculo del puntaje. (Anexo 3 y 4)
  - a. (C1) Aguirre Núñez, Carlos Andrés; Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro. Efectos de los subcentros urbanos en los valores inmobiliarios: estudio del caso de la Región Metropolitana de Barcelona. A: International Conference Virtual City and Territory. "5th International Conference Virtual City and Territory, Barcelona, 2,3 and 4 June 2009". Barcelona: Centre de Política de Sòl i Valoracions, 2009, p. 729-744. Anexo 3
  - b. (C2) Aguirre, C.A.; Marmolejo, C. Effects of labor subcentres in urban property values. Case study of the metropolitan region of Barcelona. A: European Congress of the Regional Science Association International. "Territorial Cohesion of Europe & Integrative Planning: 49th European Congress of the Regional Science Association International". Lodz: 2009, p. 1-22. Anexo 3
  - c. (C3) Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro; Aguirre Núñez, Carlos Andrés; Ruiz Lineros, Manuel A. ¿Hacia un sistema de metrópolis españolas policéntricas?: caracterización de su estructura metropolitana. A: International Conference Virtual City and Territory. "6to. Congreso Internacional Ciudad y Territorio Virtual, Mexicali, 5, 6 y 7 octubre 2010". Mexicali: UABC, 2010. Anexo 4
  - d. (C4) Aguirre, C.A.; Marmolejo, C.; Roca, J. Revisiting employment density as a way to detect metropolitan subcentres: an analysis for Barcelona & Madrid. A: European Congress of the Regional Science Association International. "50th Anniversary European Congress of the Regional Science Association International". Jönköping: 2010, p. 1-24. Anexo 3
  - e. (C6) Marmolejo Duarte, Carlos; Aguirre Núñez, Carlos; Masip Tresserra, Jaume; Chica Mejía, Juan; Pérez Prieto, Claudia. Polycentrism in the Spanish metropolitan system an analysis for 7 metro areas. A: European Regional Science Association Congress. "51st European Congress of the Regional Science Association International". Barcelona: 2011, p. 1-28. Anexo 4
  - f. (C7) Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro; Pérez, Claudia; Chica Mejía, Juan Eduardo; Masip Tresserra, Jaume; Aguirre Núñez, Carlos Andrés; Revisión metodológica de la delimitación metropolitana: un análisis para el sistema metropolitano español. A: Virtual cities and territories. "International Conference Virtual City and Territory (7è: 2011: Lisboa)". Coimbra: University of Coimbra. Department of Civil Engineering; etc., 2011, p. 89-96. Anexo 4
  - g. (C8) Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro; Aguirre Núñez, Carlos Andrés; Cerda Troncoso, Jorge Francisco. Time-density and polycentrism in the spanish metropolitan system: a first approach. A: Virtual cities and territories. "International Conference Virtual City and Territory (7è: 2011: Lisboa)". Coimbra: University of Coimbra. Department of Civil Engineering; etc., 2011, p. 351-360. Anexo 3
  - h. (C9) Aguirre Núñez, Carlos; Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro. Subcentros urbanos y precios de vivienda: un marco de análisis. A: Virtual cities and territories. "International Conference Virtual City and Territory (7è: 2011: Lisboa)". Coimbra: University of Coimbra. Department of Civil Engineering; etc., 2011, p. 51-56. Anexo 3

- i. (C10) Aguirre Núñez, Carlos; Marmolejo Duarte, Carlos; hacia nuevas formas de evaluar la estructura del territorio metropolitano, casos de Barcelona Y Madrid, socializar conocimientos, 1er Encuentro de investigadores chilenos en el Extranjero, 2010. Icaria editorial. Primera edición: abril del 2011 ISBN: 978-84-9888-331-2. Anexo 3
- j. (C11) Marmolejo, C.; Aguirre, C.A; Ruiz, M.; Cerda, J.F. New ways of life: is polycentrism tackling dispersal in Mediterranean metropolises? a first approach, XXIX World Congress of Architecture, UIA2011 Tokyo academic program: research papers and design works, pp 65,70. Anexo 3
- k. (C12) Aguirre-Núñez, C. (2019). Centralidad y subcentralidad en ciudades con baja regulación, el caso Antofagasta y la Serena en Chile. En XIII CTV 2019 Proceedings: XIII International Conference on Virtual City and Territory: "Challenges and paradigms of the contemporary city": UPC, Barcelona, October 2-4, 2019. Barcelona: CPSV, 2019, p. 8476. E-ISSN 2604-6512. DOI <http://dx.doi.org/10.5821/ctv.8476> Anexo 3

Todos estos artículos (anexo 2,3 y 4) son considerados complementarios al cuerpo central de la tesis, sin desmerecer su aporte resultan necesarios como partes de una agenda de investigación para comprender el proceso de investigación, en especial los principales avances de forma constante y evidenciar lo interesante de éste. Esta organización, según línea temática, se observa en la figura 2, esquematizando las dos líneas mencionadas al inicio del este acápite. La de subcentros (que se alinea directamente con los objetivos de la investigación doctoral, mientras que la línea secundaria, de análisis de áreas metropolitanas, busca explorar las condiciones de delimitación de áreas metropolitanas, identificación de subcentros y comparación de estos con definiciones funcionales, concluyendo con análisis comparativos de distintas áreas metropolitanas, siendo parte del equipo de investigación del proyecto CSO 2009 7218.

Figura 2: Organización de artículos según línea temática



Fuente Elaboración propia

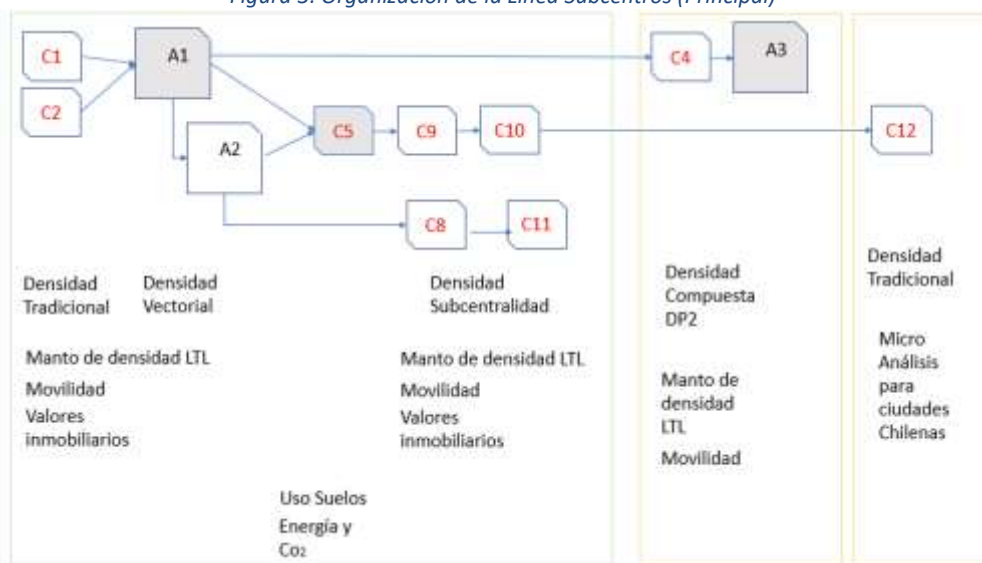
La línea subcentros, que es la principal. se estructura en base a una secuencia de análisis, resultados y formas de validación de los subcentros, mayoritariamente en el Región metropolitana de Barcelona, sin desmedro de algunos experimentos en el área funcional de Barcelona, el área metropolitana de Madrid, y una aplicación experimental en ciudades chilenas. En esta línea, tal como se muestra en la figura 3, en la medida que se avanza en los artículos, estos se van complementando, se abandonan criterios y métodos, hasta refinarlos en una versión más robusta. Por tanto, en cada una de los productos, al ser con revisión de pares, se recoge el desarrollo de al menos los siguientes puntos: la definición de subcentros, la hipótesis de la medida sintética de densidad, los métodos de validación, o pruebas de los candidatos a subcentros.

Así se pasa de una densidad de trabajadores lineal o tradicional, donde se suman de forma equivalente los trabajadores que viven en el territorio, con los que llegan a este desde otro, definida como densidad tradicional, a distintas medidas sintéticas, que consideran de distinta forma a los trabajadores. Estas medidas integradas y sus relaciones entre los indicadores de densidad de trabajadores que se ahonda en la figura 4.

Por tanto, esta línea, permite establecer dos tiempos de análisis, uno inicial y fundante que tiene por objeto el desarrollo de un grupo de herramientas teóricas y metodológicas para desarrollar en análisis de subcentralidad, donde se inscriben los artículos 1 y 2, más las presentaciones en congresos. Posteriormente, se consolida en la discusión que engloba a las ponencias C4 y el artículo 3, al probar la hipótesis de la densidad compuesta para Madrid y Barcelona.

Punto aparte resulta el análisis de las ciudades chilenas de Antofagasta y Santiago, C12, ya que se presenta una metodología experimental, que busca identificar subcentralidades, en condiciones de datos con una precisión espacial muy baja, y por otro lado, una condición muy liberalizada de desarrollo urbano. Estos experimentos, permitieron replicar la metodología a todas las capitales regionales de Chile, disponible en varios documentos posteriores y editados en el Centro producción del espacio. ([www.producciondelespacio.org](http://www.producciondelespacio.org)), y que por su alcance no son parte de este proceso doctoral, aunque heredero de éste.

Figura 3: Organización de la Línea Subcentros (Principal)



Fuente: Elaboración propia

Influencia de los subcentros metropolitanos en la estructura de los valores inmobiliarios y nuevos métodos de identificación de centralidades

Figura 4: Organización de la Línea Subcentros

Lineamientos de la definición de Subcentro	Aglomeración + movilidad + accesibilidad	Aglomeración + movilidad + jerarquía
Hipótesis de densidad sintética		
Métodos de identificación	Morfológicos Funcionales	Morfológicos
Pruebas a los candidatos a Subcentro	Efecto en la DLTL Efecto en la movilidad Efecto en los valores inmobiliarios( bid rent)	Efecto en la DLTL Efecto en la movilidad Efecto en los valores inmobiliarios( bid rent) Uso se Suelo Producción de Co2
Productos de investigación		

Fuente; Elaboración propia

En el caso de validar los objetivos de la propuesta doctoral que se cumplen en esta línea se plantean las siguientes matrices, donde se observa la tributación a cada uno de los objetivos del proceso doctoral, en una primera instancia a los artículos en revistas, Tabla 3; y los artículos en congresos, Tabla 4.

Tabla 3 Tributación de los artículos al cumplimiento de objetivos

Año	Artículo	Objetivos del proceso doctoral				
		1.- Discutir, teórica y empíricamente, sobre los diferentes métodos de identificación de subcentros,	2.- Plantear diferentes formas de expresión y cálculo de la densidad de trabajadores de un territorio, incorporando elementos de movilidad, de producción de carbono y/o uso de suelos.	3.- Proponer un método de validación de los subcentros identificados, haciendo énfasis en definiciones más certeras de un subcentros metropolitano.	4.-Identificar y validar subcentros en las distintas zonas del área metropolitana de Barcelona.	5.- Establecer cual o cuales son los efectos en los valores inmobiliarios de la cercanía a los subcentros de empleo
2010	A1	x	x	x	x	x
2010	A2	x	x	x	x	x
2013	A3	x	x	x	x	

Fuente: Elaboración propia

Los artículos publicados de esta línea, todos presentan un cumplimiento de los objetivos 1,2,3 y 4; cumpliendo el Objetivo 5 en los artículos 1 y 2. De la misma forma, las presentaciones en congresos, presentan una conformación similar, tributando todos a los objetivos 1,2 y 3; seis de los cuales tributan al objetivo 4 y siete al objetivo 5.

Tabla 4 Tributación de los Artículos en actas de congresos al cumplimiento de objetivos,

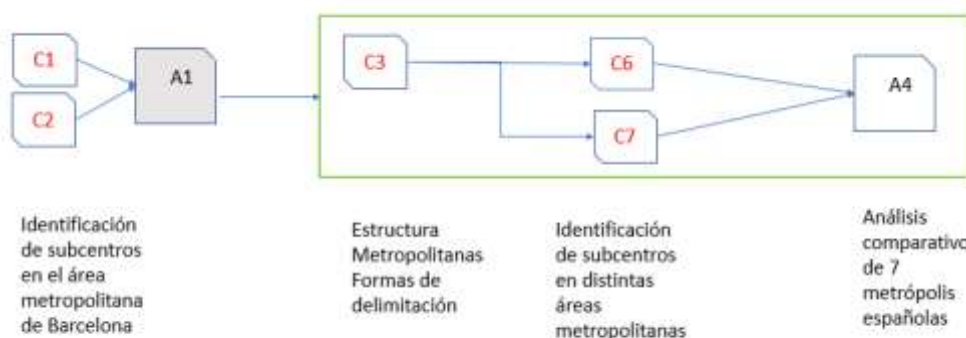
Objetivos del proceso doctoral						
Año	Artículo	1.- Discutir, teórica y empíricamente, sobre los diferentes métodos de identificación de subcentros,	2.- Plantear diferentes formas de expresión y cálculo de la densidad de trabajadores de un territorio, incorporando elementos de movilidad, de producción de carbono y/o uso de suelos.	3.- Proponer un método de validación de los subcentros identificados, haciendo énfasis en definiciones más certeras de un subcentros metropolitanos.	4.- Identificar y validar subcentros en las distintas zonas del área metropolitana de Barcelona.	5.- Establecer cual o cuales son los efectos en los valores inmobiliarios de la cercanía a los subcentros de empleo
2009	C1	x	X	x	x	x
2009	C2	x	X	x	x	x
2010	C4	x	X	x	x	
2011	C5	x	x	x	x	
2011	C8	x	x	x		x
2011	C9	x	x	x	x	
2011	C10	x	x	x	x	x
2011	C11	x	x	x		x
2019	C12	x	x	x		x

Fuente: Elaboración propia

Respecto a la línea del Policentrismo, busca explorar las condiciones de delimitación de áreas metropolitanas, identificación de subcentros y comparación de estos con definiciones funcionales, concluyendo con análisis comparativos de distintas áreas metropolitanas, aportando al equipo de investigación del proyecto CSO 2009 7218, ¿Hacia un sistema de metrópolis policéntricas?: Evolución, caracterización e influencia de los subcentros metropolitanos sobre la eficiencia de la urbanización

Si bien escapaba de la idea inicial del proyecto doctoral, apporto una visión metodológica más amplia, explorando los métodos de delimitación administrativos y funcionales de las áreas metropolitanas, con el artículo presentado en CTV (C3) y los subsecuentes en ERSa y CTV (C6, y C7), terminando en el artículo publicado en Ciudad y territorio (A4)

Figura 5: Organización de la Línea análisis de Áreas metropolitanas.



Fuente: Elaboración propia

## Influencia de los subcentros metropolitanos en la estructura de los valores inmobiliarios y nuevos métodos de identificación de centralidades

Tabla 5 Artículos en actas de congresos de la línea de Policentrismo

Cod	Año	Autores	Autor principal	Nombre Artículo	Revista/Congreso	Indexación	Contribución
C3	2010	Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro; Aguirre Núñez, Carlos Andrés; Ruiz Linerós, Manuel	no	<a href="#">¿Hacia un sistema de metrópolis españolas policéntricas?: caracterización de su estructura metropolitana</a>	CTV	Notable UPC	Guía metodológica, análisis de datos y redacción del sus versiones inicial y final
C6	2011	Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro; Aguirre Núñez, Carlos Andrés; Masip Tresserra, Jaume; Chica Mejía, Juan Eduardo; Pérez Prieto, Claudia Beatriz	no	<a href="#">Polycentrism in the Spanish metropolitan system an analysis for 7 metro areas</a>	ERSA	Notable UPC	Guía metodológica, análisis de datos y redacción del sus versiones inicial y final
C7	2011	Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro; Pérez, Claudia; Chica Mejía, Juan Eduardo; Masip Tresserra, Jaume; Aguirre Núñez, Carlos Andrés	no	<a href="#">Revisión metodológica de la delimitación metropolitana: un análisis para el sistema metropolitano español</a>	CTV	Notable UPC	Análisis de datos y redacción final
A4	2013	Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro; Masip Tresserra, Jaume; Aguirre Núñez, Carlos Andrés	no	<a href="#">Policentrismo en el sistema urbano español: un análisis para 7 áreas metropolitanas</a>	Ciudad y territorio	S/I en el periodo Actualmente Scopus	Guía metodológica, análisis de datos y redacción del sus versiones inicial y final

## Resumen de los artículos a ser considerados en el compendio

Los artículos identificados como parte del Compendio son:

1. Aguirre, C, & Marmolejo, C. (2011). El impacto del policentrismo sobre la distribución espacial de los valores inmobiliarios: un análisis para la Región Metropolitana de Barcelona. *Revista de la construcción*, 10(1), 78-90. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-915X2011000100008>.

En este artículo, publicado el 2011, enviado y aceptado el 2010, se centra en la definición de subcentro, siendo la formalización del artículo publicado en ACE<sup>7</sup> y los congresos precedentes CTV<sup>8</sup> y ERSA<sup>9</sup>. En este se hace énfasis en los modelos de análisis de los efectos sobre los valores inmobiliarios, tomando elementos más específicos de la teoría del Bid Rent de Alonso, (Alonso, 1964), aplicadas a los subcentros identificados con la densidad vectorial, probando un modelo de precio hedónico clásico en su formulación, En este se edificaron los primeros problemas de multicolinealidad en el modelo de precio hedónico, el cual fue cuidadosamente tratado. Se establece un método de análisis de territorios, con la finalidad de identificar subcentros, validarlos y plantear las distintas dimensiones de la investigación. En ese sentido, sus principales conclusiones, es la validación de un grupo de subcentros en la Region Metropolitana de Barcelona, mediante un proceso definición de medidas sintéticas, la llamada densidad tradicional y la densidad vectorial, y los análisis mínimos de validación, de forma tal de estimar un efecto sobre el manto de precios, densidad de trabajadores y su movilidad.

La principal conclusión es que los subcentros identificados por la densidad vectorial, tiene un impacto medible sobre los valores inmobiliarios, mediante una ecuación de precio hedónico, en la cual se debe cuidar la multicolinealidad, entre los factores de distancias involucrados.

Este artículo se encuentra indexado en Web of Science (Science Citation index expanded, en Arquitectura y Urbanismo; e Ingeniería Civil), Scopus (Building and Construction and Civil, Civil and Structural Engineering) y Scielo.

En SJR, cuenta con un valor de 0.16, en Q3 para Building and Construction. para el año de publicación. Al ocupar trasladar el valor a SJR de Arquitectura, tal como indica el reglamento, queda en Q2, obteniendo 3 puntos.

A la fecha cuenta con 4 citas en Scopus y WoS, 12 citas en ResearchGate, 8 citas en Semantic Scholar.

---

<sup>7</sup> Aguirre, C.A, Marmolejo, C ;. Hacia un método integrado de identificación de subcentros a escala municipal: un análisis para la Región Metropolitana de Barcelona. "ACE: architecture, city and environment", Aceptado; 18 de septiembre de 2010, vol. 14, p. 99-122.

<sup>8</sup> (C1) Aguirre Núñez, Carlos Andrés; Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro. Efectos de los subcentros urbanos en los valores inmobiliarios: estudio del caso de la Región Metropolitana de Barcelona. A: International Conference Virtual City and Territory. "5th International Conference Virtual City and Territory, Barcelona, 2,3 and 4 June 2009". Barcelona: Centre de Política de Sòl i Valoracions, 2009, p. 729-744.

<sup>9</sup> (C2) Aguirre, C.A.; Marmolejo, C. Effects of labor subcentres in urban property values. Case study of the metropolitan region of Barcelona. A: European Congress of the Regional Science Association International. "Territorial Cohesion of Europe & Integrative Planning: 49th European Congress of the Regional Science Association International". Lodz: 2009, p. 1-22.

2. Aguirre Núñez, Carlos Andrés; Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro. The urban subcentros, the land use and CO2 production: analyst of the Metropolitan area of Barcelona. A: PLEA 2011 (XXVII PLEA Congress 2011: Louvain la neuve)". Louvain la Neuve, Universitat catholique de Louvain . faculty of Architecture an Enginering , 2011, p.125-131. Editor: Presses universitaires de Louvain; Tome 2/3 ; Editores: Magali Bodart, Arnaud Evrard; coleccion (Presses universitaires de Louvain); Publicación: 01 juillet 2011; ISBN 978-2-87463-277-8

Este artículo, presentado en la conferencia PLEA 2011 y publicado el 2011, es el producto final de la estancia doctoral en Arquitectura y Clima de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Católica de Lovaina en Bélgica. El proceso de curatoria del artículo superó un año desde su envío a su publicación, incluyendo dos revisiones de pares ciegos.

El artículo busca establecer un vínculo entre la centralidad y las aglomeraciones con la producción de CO<sub>2</sub> y el gasto energético. Al revisar la teoría de la economía urbana, el índice de actividad laboral se ha medido en función de la cantidad de trabajadores en la zona y la densidad del uso del suelo. La mayoría de los estudios en el campo de la economía del suelo urbano incorporan estos indicadores como insumo para evaluar la estructura urbana, la identificación de subcentros urbanos y la definición de patrones de movilidad. Los subcentros urbanos son la concentración territorial de trabajadores y en ese sentido; definen los patrones de movilidad urbana en un área metropolitana. Sin embargo, hay más posibilidades de identificarlos.

Este artículo propone una nueva definición de subcentros. La densidad de los trabajadores se complementa con la observación de cuatro enfoques para el análisis del Área Metropolitana de Barcelona. Estos cuatro enfoques son los patrones de suelo urbano (basados en la información sobre la cobertura del suelo CORINE), la movilidad de los trabajadores (a partir de los datos del Censo español), el consumo eléctrico (a partir de la información de las compañías eléctricas) y la producción estimada de CO<sub>2</sub>. En consecuencia, la estructura urbana se definirá en base a estos cuatro enfoques, que también validarán los 15 subcentros previamente definidos del Área Metropolitana de Barcelona. Esta conclusión permite abre una nueva perspectiva sobre la subcentralidad y el policentrismo, asociando los valores de ocupación y uso de suelo en los análisis.

Este artículo se encuentra indexado en Scopus.

En SJR, cuenta con un valor de 0.122, en Energy Engineering and Power Technology, para el año de publicación 2012. Al ocupar trasladar el valor a SJR de Arquitectura, tal como indica el reglamento, queda en Q2, obteniendo 3 puntos.



3. Marmolejo Duarte, Carlos [et al.]. Revisiting employment density as a means to detect metropolitan sub-centres: an analysis for Barcelona and Madrid. A: "ACE: Architecture, City and Environment", octubre 2013, vol. 8, núm. 23, p. 33-64.

Este artículo publicado en 2013 y cuya versión original es de 2011, fue aceptado en diciembre de 2012, establece diferentes formas de la densidad de trabajadores, la tradicional, la vectorial, una como está establecida en los otros artículos, una versión multiplicativa y por último una versión compuesta, donde se construye como versión sintética aplicando el método de la distancia DP2. Esta distancia DP2, se calcula sintetizando las medidas de trabajadores residentes, entrantes y salientes, elimina el supuesto de ortogonalidad de las métricas entre ellos<sup>10</sup>, que se utilizaba en la densidad vectorial y multiplicativa.

Se aplica el método en la región metropolitana de Barcelona y Madrid de forma de validar el método y comparar sus resultados. Se complementan las validaciones de movilidad, acercándose a una medida más certera de autocontención, y validando mediante la densidad poblacional a los ambos casos, se valida que la medida sintética de la DP2, mejoraría la eficiencia en la identificación de subcentros en los ámbitos metropolitanos. Las principales conclusiones de este trabajo, son la eficiencia de la versión compuesta de la densidad de empleo y como esta versión sintética es eficiente en la generación de un grupo de subcentros maduros para ambas realidades metropolitanas.

Este artículo está indexado en Scopus, y en WOS ( Emerging Sources Citation Index), cuenta a julio de 2020, con 1 citación<sup>11</sup> en Scopus y WoS. Además, 5 citaciones en Researchgate y 3 en Google Scholar.

En SJR, cuenta con un valor de 0.120, en Arquitectura, para el año de publicación 2013, perteneciendo al Q3 de ese año y tal como indica el reglamento, obteniendo 2 puntos.

Todos estos artículos presentan partes de la investigación final, que se prueba, discute y evalúa en los distintos congresos temáticos, redefiniendo en algunos casos, agotando líneas de investigación y por último consolidando preceptos, definiciones y métodos. Cabe destacar que todos ellos fueron enviados a congresos con revisión ciega de pares y sus manuscritos son los que acá se presentan.

El primer artículo, busca poner en diálogo los distintos métodos de selección de subcentros, incluyendo una versión experimental de la densidad de trabajadores, denominada vectorial; se presentan los métodos de identificación de subcentros y se discute sobre las posibles validaciones que deben tener los subcentros para ser maduros. En este sentido se exploran las validaciones por manto, movilidad e impacto en los valores inmobiliarios. Es importante y a su

---

<sup>10</sup> Del primer artículo. Aguirre, C, & Marmolejo, C. (2011). El impacto del policentrismo sobre la distribución espacial de los valores inmobiliarios: un análisis para la Región Metropolitana de Barcelona. *Revista de la construcción*, 10(1), 78-90

<sup>11</sup> Ban, J., Arnott, R., & Macdonald, J. L. (2017). Identifying employment subcenters: The method of exponentially declining cutoffs. *Land*, 6(1) doi:10.3390/land6010017

vez revelador que este sea el primer artículo de este dossier, ya que sintetiza los preceptos validados en los congresos CTV y ERSA, cuyas publicaciones están en los anexos.

El segundo, vincula busca probar la densidad vectorial, en los modelos de identificación para Barcelona con otro énfasis, adelantando una discusión sobre la territorialización del consumo energético y la consecuente producción de CO<sub>2</sub>, como primera aproximación a dos realidades distintas, siendo una unidad en sí mismo y que viene a fundar una línea que perdura hasta hoy, con nuevos problemas, (Desempeño energético, pobreza energética, segregación socio residencial y el impacto de la pandemia en la ciudad) pero similares herramientas.

El tercero, concentra su desarrollo en poner en dialogo distintas aproximaciones a la densidad laboral. El primer artículo, presenta la posibilidad de nuevas versiones de este indicador, basados en medidas sintéticas que hacen una separación entre los distintos tipos de viajeros que están en un territorio. Además, sintetiza formas de delimitar un área metropolitana, mediante un método de movilidad laboral y que permite establecer de mejor manera los elementos de análisis de estas áreas metropolitanas. Estos últimos dos puntos, corresponden las presentaciones en congresos CTV y Ersas .

Una aproximación teórica de la interacción entre las densidades de trabajadores localizados y las de población ocupada, considerando que ambas pueden ser descompuestas según las características de movilidad de los trabajadores, obteniendo nuevas formas algebraicas de entender el territorio y que marcan la prueba final de la densidad compuesta que se encuentra en las conclusiones del compendio (Capítulo 6).

## Puntuación acorde al reglamento de presentación de tesis por artículos

Sobre la base del reglamento, se seleccionan tres de las publicaciones mencionadas. Estas publicaciones tienen la característica de haber sido desarrolladas en el proceso doctoral y consecuencias de publicaciones y ponencias desarrolladas.

Acorde al reglamento, se pasa a calcular el puntaje asociado al cuartil donde se encuentra las revistas y el congreso que forman parte de cuerpo de la tesis. En este punto se debe establecer que, para la revista de la construcción, cuyo SJR se encuentra en ingeniería, específicamente en construcción y edificación, se utilizó el puntaje equivalente y la posición que debería tener en el ranking de arquitectura de su año. Asimismo, con el artículo de PLEA, se realizó el mismo procedimiento, para el año 2012 que es el primero que informa el puntaje SJR. El respaldo del cálculo, se adjunta el final de este documento.

*Tabla 6 Artículos en actas de congresos de especialidad.*

Título	Autor	Revista	Año	Puntaje SJR	Cuartil (Equiv SJR) ARQ	Puntos	Índice
<a href="#">El impacto del policentrismo sobre la distribución espacial de los valores inmobiliarios: Un análisis para la Región Metropolitana de Barcelona</a>	Aguirre, C., Marmolejo, C.	<a href="#">Revista de la Construcción</a>	<a href="#">2011</a>	<a href="#">0,16</a>	Q2	3	WOS <a href="#">Scopus</a>  <a href="#">Scielo</a>
<a href="#">Identification of urban subcentres by means of land use, electric consumption and CO 2 production. The case of Barcelona Metropolitan Area (RMB)</a>	Núñez, C.A., Duarte, C.M.	<a href="#">PLEA 2011 - Proceedings of the 27th International Conference on Passive and Low Energy Architecture</a>	2012	0,122	Q2	3	<a href="#">Scopus</a>
<a href="#">Revisiting employment density as a means to detect metropolitan subcentres: An analysis for Barcelona and Madrid</a>	Marmolejo Duarte, C., Aguirre Núñez, C., Roca Cladera, J.	<a href="#">Architecture, City and Environment</a>	2013	0,12	Q3	2	<a href="#">Scopus</a>  Emerging Sources Citation Index

Influencia de los subcentros metropolitanos en la estructura de los valores inmobiliarios y nuevos métodos de identificación de centralidades

Fuente: Elaboración propia en base a JCR y Scopus.

Puntajes de corte para los artículos

Tabla 7 Puntajes de Corte por cuartil en el área de Arquitectura.

Año	Cuartil	Pte. corte ARQ
2011	Q1	más de 0,196
	Q2	más de 0,106
	Q3	más de 0,1
	Q4	menos de 0,100
2012	Q1	más de 0,251
	Q2	más de 0,119
	Q3	más de 0,101
	Q4	menos de 0,101

Fuente: Elaboración propia en base a JCR.

Con ello se llega la suma de 8 puntos con estos artículos, cumpliendo el puntaje de mínimo para el compendio de artículos como tesis doctoral, siendo además autor principal de 2 de los 3 artículos. Acorde al reglamento, se presenta el rol del Doctorando en cada uno de los artículos, haciendo explícito el aporte en cada uno de ellos.

Tabla 8 Rol del Doctorando y los coautores en cada uno de artículos

Cod	Autores	Autor principal	Nombre Artículo	Contribución doctorante	Carlos Marmolejo	Josep Roca
A1	Aguirre Núñez, Carlos Andrés; Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro	si	<a href="#">Efecto del policentrismo sobre los valores inmobiliarios, un análisis para la Región Metropolitana de Barcelona</a>	Autor principal, desarrollo del planteamiento metodológico, y análisis de datos y redacción. Corrección de revisión de pares	Guía y desarrollo metodológico, apoyo en redacción y revisiones intermedia y final	
C5	Núñez, C.A., Duarte, C.M.;	si	<a href="#">Identification of urban subcentres by means of land use, electric consumption and CO 2 production. The case of Barcelona Metropolitan Area (RMB)</a>	Autor principal, desarrollo del planteamiento metodológico, y análisis de datos y redacción. Corrección de revisión de pares	Apoyo en redacción y revisiones intermedia y final	
A3	Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro; Aguirre Núñez, Carlos Andrés; Roca Cladera, Josep	no	<a href="#">Revisiting employment density as a means to detect metropolitan sub-centres: an analysis for Barcelona and Madrid</a>	Desarrollo del planteamiento metodológico, y análisis de datos y redacción versión original en castellano.	Autor Principal, Guía y desarrollo metodológico, redacción de la versión en Inglés, y revisiones intermedia y final, levantamiento de las condiciones de publicación	Guía y desarrollo metodológico, apoyo en redacción y revisiones intermedia y final

Fuente: Elaboración propia

## Artículos no considerados para el cálculo del puntaje

Estos artículos evidencian la evolución de los modelos de identificación de subcentros y como la densidad de trabajadores localizados, en sus distintas versiones, puede ser sintetizada, escrita de otra forma o complejizando su métrica, de forma tal que mida de forma más efectiva la presencia de subcentros urbanos consolidados. En ese sentido, desde una versión tradicional unidimensional, donde los trabajadores se suman por igual hasta una versión calculada por la DP2 se observa una lógica de aproximación a la aglomeración, la jerarquía y la accesibilidad de forma constante.

### Artículos en Revistas

- a. (A2) Aguirre, C.A, Marmolejo, C ;. Hacia un método integrado de identificación de subcentros a escala municipal: un análisis para la Región Metropolitana de Barcelona. "ACE: architecture, city and environment", Aceptado; 18 de septiembre de 2010, vol. 14, p. 99-122.

El artículo, es el primero en ser enviado, como síntesis y complemento de la tesis de master. El objetivo del artículo fue desarrollar un análisis crítico de los métodos de identificación de subcentros a nivel metropolitano, probar distintos métodos de detección, haciendo énfasis en la denominada densidad tradicional y la densidad vectorial, como medidas sintéticas de cada territorio. Por último, se ensaya un proceso de validación de candidato a subcentros con tres ámbitos, la densidad de trabajadores, la movilidad, y los valores inmobiliarios (precios). Este artículo es seminal para el proceso doctoral y asimismo presenta elementos que seguirán en todo el proceso.

No se consideró dentro de la puntuación por ser muy inicial en el desarrollo del proceso, evidenciando la transición entre el proceso de master y el de doctorado, a pesar de estar en una revista notable UPC, en ese año no Indexada.

- b. (A4) Marmolejo, C.; Masip, J.; Aguirre, C.A. Policentrismo en el sistema urbano español: un análisis para 7 áreas metropolitanas. "Ciudad y Territorio, Estudios Territoriales", Aceptado el 22 de enero de 2013, p. 281-300.

El artículo es el cierre del trabajo de la línea de policentrismo. En sí, es el final de la colaboración de los trabajos sobre delimitación de áreas metropolitanas españolas y la discusión metodológica sobre los tipos de subcentros. En sí, resulta importante, porque sintetiza el desarrollo de esta línea, discutiendo y aportando sobre el policentrismo de las 7 áreas metropolitanas españolas. Además, coloca en dialogo distintas realidades territoriales avanzando hacia una discusión sobre la estructura urbana de las metrópolis. En las conclusiones del trabajo, se evidenciará de forma explícita algunos de los elementos heredados de esta línea.

## Artículos en Actas de Congresos

- a. (C1) Aguirre Núñez, Carlos Andrés; Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro. Efectos de los subcentros urbanos en los valores inmobiliarios: estudio del caso de la Región Metropolitana de Barcelona. A: International Conference Virtual City and Territory. "5th International Conference Virtual City and Territory, Barcelona, 2,3 and 4 June 2009". Barcelona: Centre de Política de Sòl i Valoracions, 2009, p. 729-744.  
Este primer análisis, busca plantear el método de identificación, validación y estimación de los efectos de los subcentros en para los precios inmobiliarios y la densidad de trabajadores. Es importante por el hecho de ser el primer producto concreto del proceso doctoral. Posteriormente, a este trabajo se abandonó los modelos de regresión espacial, como también los modelos funcionales.
- b. (C2) Aguirre, C.A.; Marmolejo, C. Effects of labor subcentres in urban property values. Case study of the metropolitan region of Barcelona. A: European Congress of the Regional Science Association International. "Territorial Cohesion of Europe & Integrative Planning: 49th European Congress of the Regional Science Association International". Lodz: 2009, p. 1-22.  
En este segundo artículo, se presenta una versión resumida de las mejoras al artículo anterior, haciendo hincapié en la validación de movilidad y los efectos de los subcentros en ella y en los precios inmobiliarios.
- c. (C3) Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro; Aguirre Núñez, Carlos Andrés; Ruiz Lineros, Manuel A. ¿Hacia un sistema de metrópolis españolas policéntricas?: caracterización de su estructura metropolitana. A: International Conference Virtual City and Territory. "6to. Congreso Internacional Ciudad y Territorio Virtual, Mexicali, 5, 6 y 7 octubre 2010". Mexicali: UABC, 2010.  
Este artículo, presenta el trabajo de discusión y análisis de los métodos de delimitación de las áreas metropolitanas, y asimismo una primera aproximación a la comparación de las 7 áreas metropolitanas españolas.
- d. (C4) Aguirre, C.A.; Marmolejo, C.; Roca, J. Revisiting employment density as a way to detect metropolitan subcentres: an analysis for Barcelona & Madrid. A: European Congress of the Regional Science Association International. "50th Anniversary European Congress of the Regional Science Association International". Jönköping: 2010, p. 1-24.

El artículo, junto con pasar una excelente revisión de pares, es la primera prueba de la densidad compuesta DP2, haciendo énfasis en los procesos de validación para la región metropolitana de Barcelona.

- e. (C6) Marmolejo Duarte, Carlos; Aguirre Núñez, Carlos; Masip Tresserra, Jaume; Chica Mejía, Juan; Pérez Prieto, Claudia. Polycentrism in the Spanish metropolitan system an analysis for 7 metro areas. A: European Regional Science Association Congress. "51st European Congress of the Regional Science Association International". Barcelona: 2011, p. 1-28.  
Este artículo, presenta el trabajo de discusión y análisis de los métodos de delimitación de las áreas metropolitanas, y asimismo una aproximación más robusta de la comparación de las 7 áreas metropolitanas españolas. Ahora, se hace énfasis en el proceso de comparación.
- f. (C7) Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro; Pérez, Claudia; Chica Mejía, Juan Eduardo; Masip Tresserra, Jaume; Aguirre Núñez, Carlos Andrés; Revisión metodológica de la delimitación metropolitana: un análisis para el sistema metropolitano español. A: Virtual cities and territories. "International Conference Virtual City and Territory (7è: 2011: Lisboa)". Coimbra: University of Coimbra. Department of Civil Engineering; etc., 2011, p. 89-96.  
Este artículo, presenta el trabajo de discusión y análisis de los métodos de delimitación de las áreas metropolitanas, y asimismo una es la versión final de la comparación de las 7 áreas metropolitanas españolas.
- g. (C8) Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro; Aguirre Núñez, Carlos Andrés; Cerda Troncoso, Jorge Francisco. Time-density and polycentrism in the spanish metropolitan system: a first approach. A: Virtual cities and territories. "International Conference Virtual City and Territory (7è: 2011: Lisboa)". Coimbra: University of Coimbra. Department of Civil Engineering; etc., 2011, p. 351-360.  
Este artículo, se adscribe completamente en el proceso de discusión del Proyecto de investigación no fundamental CSO 2009 7218, ya que presenta el amplio abanico de elementos de análisis de la subcentralidad, dejando clara algunos elementos de la agenda de investigación sobre la subcentralidad y los sistemas policéntricos
- h. (C9) Aguirre Núñez, Carlos; Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro. Subcentros urbanos y precios de vivienda: un marco de análisis. A: Virtual cities and territories. "International Conference Virtual City and Territory (7è: 2011: Lisboa)". Coimbra: University of Coimbra. Department of Civil Engineering; etc., 2011, p. 51-56.  
Este artículo, buscaba desarrollar un análisis teórico como marco de análisis de los precios, de forma algebraica y abstracta. Si bien es una comunicación de pocas páginas, su impacto en el desarrollo de la agenda de investigación posterior es relevante. De hecho es seminal para artículos publicados en 2019<sup>12</sup>, aplicados a precios inmobiliarios y segregación socio residencial.

---

<sup>12</sup> Para más indecentes revisar el listado de publicaciones del doctorando.

- i. (C10) Aguirre Núñez, Carlos; Marmolejo Duarte, Carlos; hacia nuevas formas de evaluar la estructura del territorio metropolitano, casos de Barcelona Y Madrid, socializar conocimientos, 1er Encuentro de investigadores chilenos en el Extranjero, 2010. Icaria editorial. Primera edición: abril del 2011 ISBN: 978-84-9888-331-2.  
Este artículo, se centra en discutir la densidad vectorial como medida sintética para identificar subcentros en las regiones metropolitanas de Madrid y Barcelona. Presenta un modelo maduro de identificación y validación de subcentros.
- j. (C11) Marmolejo, C.; Aguirre, C.A; Ruiz, M.; Cerda, J.F. New ways of life: is polycentrism tackling dispersal in Mediterranean metropolises? a first approach, XXIX World Congress of Architecture, UIA2011 Tokyo academic program: research papers and design works, pp 65,70.  
Este artículo, es una aproximación sintética a todo lo realizado en el Proyecto de investigación CSO 2009 7218, ¿Hacia un sistema de metrópolis policéntricas?: Evolución, caracterización e influencia de los subcentros metropolitanos sobre la eficiencia de la urbanización desde una conclusión sobre la densidad de trabajadores en el término temporal, o densidad tiempo, hasta el desarrollo de las aproximaciones de subcentralidad en áreas metropolitanas españolas. Este artículo fue premiado por Comité Académico Japonés de la Unión Internacional de Arquitectos<sup>13</sup>.
- k. (C12) Aguirre-Núñez, C. (2019). Centralidad y subcentralidad en ciudades con baja regulación, el caso Antofagasta y la Serena en Chile. En XIII CTV 2019 Proceedings: XIII International Conference on Virtual City and Territory: "Challenges and paradigms of the contemporary city": UPC, Barcelona, October 2-4, 2019. Barcelona: CPSV, 2019, p. 8476. E-ISSN 2604-6512. DOI <http://dx.doi.org/10.5821/ctv.8476>  
Este artículo, resulta una aproximación desde Chile a los conceptos establecidos en el artículo anterior. En Chile, las encuestas de origen destino cuentan con una precisión espacial muy básica, respondiendo a diferentes factores, desde el tamaño de las zonas de transportes, la consecuencia con las delimitaciones administrativas, por un lado, y la no existencia de delimitaciones funcionales. En ese sentido, el trabajo busco aplicar los modelos de identificación de subcentros, logrando generar un modelo de medición de población flotante y por ende de atractores de viajes como variable proxy de la subcentralidad. El elemento más importante es que pudo ser replicable para todas las capitales regionales de Chile.

<sup>13</sup> <https://futur.upc.edu/CarlosAndresAguirreNunez/as/b2J0ZW5jaW9wcmVtaQ==#produccio>



Tabla 9 Rol del Doctorando en cada uno de artículos

Cod	Año	Autores	Nombre Artículo	Contribución
C1	2009	Aguirre Núñez, Carlos Andrés; Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro	<a href="#">Efectos de los subcentros urbanos en los valores inmobiliarios: estudio del caso de la Región Metropolitana de Barcelona</a>	autor principal, desarrollo del planteamiento metodológico, y análisis de datos y redacción. Corrección de revisión de pares
C2	2009	Aguirre Núñez, Carlos Andrés; Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro	<a href="#">Effects of labor subcentres in urban property values. Case study of the metropolitan region of Barcelona</a>	autor principal, desarrollo del planteamiento metodológico, y análisis de datos y redacción. Corrección de revisión de pares
A2	2010	Aguirre Núñez, Carlos Andrés; Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro	<a href="#">Hacia un método integrado de identificación de subcentros a escala municipal: un análisis para la Región Metropolitana de Barcelona</a>	autor principal, desarrollo del planteamiento metodológico, y análisis de datos y redacción. Corrección de revisión de pares
C3	2010	Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro; Aguirre Núñez, Carlos Andrés; Ruiz Lineros, Manuel	<a href="#">¿Hacia un sistema de metrópolis españolas policéntricas?: caracterización de su estructura metropolitana</a>	Guía metodológica, análisis de datos y redacción del sus versiones inicial y final
C4	2010	Aguirre Núñez, Carlos Andrés; Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro; Roca Cladera, Josep	<a href="#">Revisiting employment density as a way to detect metropolitan subcentres: an analysis for Barcelona &amp; Madrid.</a>	autor principal, desarrollo del planteamiento metodológico, y análisis de datos y redacción. Corrección de revisión de pares
C6	2011	Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro; Aguirre Núñez, Carlos Andrés; Masip Tresserra, Jaume; Chica Mejía, Juan Eduardo; Pérez Prieto, Claudia Beatriz	<a href="#">Polycentrism in the Spanish metropolitan system an analysis for 7 metro areas</a>	Guía metodológica, análisis de datos y redacción del sus versiones inicial y final
C7	2011	Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro; Pérez, Claudia; Chica Mejía, Juan Eduardo; Masip Tresserra, Jaume; Aguirre Núñez, Carlos Andrés	<a href="#">Revisión metodológica de la delimitación metropolitana: un análisis para el sistema metropolitano español</a>	Análisis de datos y redacción intermedia y final
C8	2011	Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro; Aguirre Núñez, Carlos Andrés; Cerdà Troncoso, Jorge Francisco	<a href="#">Time-density and polycentrism in the spanish metropolitan system: a first approach</a>	Análisis de datos y redacción intermedia y final
C9	2011	Aguirre Núñez, Carlos; Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro	<a href="#">Subcentros urbanos y precios de vivienda: un marco de análisis</a>	autor principal, desarrollo del planteamiento metodológico, y análisis de datos y redacción. Corrección de revisión de pares
C10	2011	Aguirre Núñez, Carlos; Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro	<a href="#">Hacia nuevas formas de evaluar la estructura del territorio metropolitano, casos de Barcelona y Madrid</a>	autor principal, desarrollo del planteamiento metodológico, y análisis de datos y redacción. Corrección de revisión de pares
C11	2011	Marmolejo, C.; Aguirre, C.; Ruiz, M. & Cerda, J.	<a href="#">New ways of life. Is polycentrism tackling dispersal in Mediterranean metropolises?: A first Approach,</a>	Análisis de datos y redacción intermedia y final
A4	2013	Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro; Masip Tresserra, Jaume; Aguirre, Carlos	<a href="#">Policentrismo en el sistema urbano español: un análisis para 7 áreas metropolitanas</a>	Guía metodológica, análisis de datos y redacción del sus versiones inicial y final
C12	2019	Aguirre Núñez, Carlos Andrés; Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro; Vergara Perucich, Jose Francisco	<a href="#">Centralidad y subcentralidad en ciudades con baja regulación, el caso Antofagasta y la Serena en Chile</a>	autor principal, desarrollo del planteamiento metodológico, y análisis de datos y redacción. Corrección de revisión de pares

## Producción científica a la fecha y su relación con el proceso doctoral

El proceso de investigación doctoral, ha pasado por varias etapas, principalmente dada por las características de los productos de investigación que han sido desarrollados. En rigor, la etapa seminal, donde se establecen las bases de un proceso mayor, es la que guarda relación con la investigación doctoral inicial, sin embargo, son fundamentales para el desarrollo de los productos posteriores. Tanto el desarrollo teórico de la estructura urbana policéntrica, como también las herramientas, técnicas y análisis matemáticos, han sido aplicados en distintos conceptos y problemáticas, complementarias desde la económica urbana e inmobiliaria, hasta la sostenibilidad y eficiencia energética. En esa lógica, la estructura urbana guarda relación con gran paraguas metodológico y epistemológico para analizar problemáticas asociadas. Desde un paradigma funcional y cuantitativo, se han podido desarrollar diferentes problemáticas en áreas temáticas asociadas a la ciudad y sus diferentes estructuras sociales o económicas.

En esa lógica, los temas desarrollados en el tiempo se resumen en 5 áreas temáticas que se van desarrollando de forma convergente. Estas son:

1. Estructura Urbana
2. Centralidad y subcentralidad en ámbitos metropolitanos
3. Mercados inmobiliarios
4. Sustentabilidad y energía
5. Energía y Ciudad.

El listado de publicaciones a la fecha, se han entregan en el anexo 1 de este volumen y asimismo, se muestran sus indexaciones y categorías (Artículos indexados en WOS, Scopus, Sin indexación, Actas en congresos, capítulos de libros y libros). Asimismo, se presentan los datos del doctorando en Researchgate, scopus y googlescholar. En color rojo, se muestran los elementos que constituyen esta investigación seminal, que es la base de esta tesis doctoral y que, asimismo, permite el desarrollo de un cuerpo coherente de artículos que permiten el desarrollo de este proceso.

Observado lo anterior, es necesario establecer el valor fundante de algunos artículos, asociados a la discusión de sobre la centralidad, la densidad y sus distintas versiones y que permiten entender en perspectiva el trabajo doctoral ya asimismo el proceso colectivo de su construcción.

En general, ambas líneas de trabajo han sido particularmente fructíferas para el desarrollo de las publicaciones sobre valores inmobiliarios, mercados inmobiliarios y sus regulaciones, como además la identificación de estructuras urbanas.



## ANEXO 2

Artículos en revistas se presentan los dos artículos, que no son considerados en el cálculo de los puntos, en sus versiones de borrador extendido.

Publicación:	HACIA UN MÉTODO INTEGRADO DE IDENTIFICACIÓN DE SUBCENTROS A ESCALA MUNICIPAL: UN ANÁLISIS PARA LA REGIÓN METROPOLITANA DE BARCELONA	
Código	<b>A2</b>	
Autor	<b>Carlos Aguirre Núñez</b> <b>Carlos Marmolejo Duarte</b>	
Año	2009	
Consideraciones	Revista	ACE: Architecture, City and Environment = Arquitectura, Ciudad y Entorno [en línea]. 2010, Año 5, núm. 14 Junio
	paginas	P. 99-122

### Resumen.

El presente estudio presenta una exploración de los modelos de identificación y selección de subcentros laborales en una realidad metropolitana. En ese sentido plantea una visión integrada de los valores de densidad de trabajadores denominada densidad vectorial. Asimismo, se prueba que los valores de densidad vectorial son más eficientes en la identificación de subcentros en los casos de utilizar métodos de regresión paramétricos, ponderados y espaciales de retardo (spatial lag). En ese sentido y para la región metropolitana de Barcelona se ha identificado un set de 15 subcentros, correspondiente a los residuos positivos de una regresión paramétrica exponencial negativa. Este set, demuestra ser el más eficaz en términos generales, al explicar los mantos, la movilidad y los precios

Fuera de lo anterior, se prueba que no es posible validar el modelo hedónico de precios, considerando las distancias a los subcentros como variable explicativa, dado que los modelos presentan multicolinealidad.

## Abstract.

This paper seeks to explore different ways to identify and validate metropolitan sub centres employment. We propose an integrated method of identification, which includes a second stage of validation by three aspects: the explanation of the density function of localized workers, the indicators of worker mobility and the explanation of real estate values. Using information from the Metropolitan Area of Barcelona, we tested 10 methods for identifying sub centres, considering also two versions of worker density, presenting a new way to obtain the density of workers, which is the standard vector constructed with the density of incoming workers and resident workers. The integrated approach identifies and validates a set of 15 municipalities that act as sub-metropolitan, explaining the density, spatial mobility and training in property values.

## 1. Introducción

Desde 1800 hasta la actualidad, para explicar los fenómenos económicos que se viven en la ciudad y como ellos evolucionan se piensa en la denominada “estructura económica de la ciudad”, desde acercamientos transversales a la economía, la geografía y el urbanismo. Se busca integrar muchas variables en modelos simplificados, que por su elegancia y facilidad de interpretación, logran explicar los macro fenómenos urbanos, como la aglomeración de trabajadores en determinadas zonas, la especialización del espacio. Estos modelos explicativos, parten desde el modelo de Von Thunen de 1826 con una fuerte carga agrícola, hasta la actualidad donde se discute sobre la auto organización de la economía del espacio. Sin embargo, todas estas aproximaciones al fenómeno nacen de dos preguntas (Fujita, 2000):

- a) ¿Cómo habría que distribuir el suelo que rodea a una ciudad con el fin de minimizar los costos de producción y transporte? y
- b) ¿Cuál es la distribución real del suelo en base a sus distintos usos?

Para dar respuesta a estas interrogantes, se identifican tres vertientes teóricas, la primera asociada a Von Thunen, , una a A. Weber, centrada en la industria y la optimización de sus costes de producción y un tercera asociada a los postulados de Christaller y Lösch, que tienen su representación en la actualidad en los trabajos de la autoorganización (Krugman, 1997).

Alonso, (1964) evocando a Von Thunen, ya planteaba el hecho de que los “commuters”<sup>1</sup> presentaban un comportamiento monocéntrico desde el distrito de negocios centrales hacia la periferia, estableciendo un “Bid rent”, para cada localización en la ciudad. Este concepto se utiliza hasta la actualidad para el análisis de ciudades y los efectos de la congestión y estimación de curvas de uso de suelo y precio (Fujita, 2000). Sin embargo, la clave de estos procesos estaba en las estructuras productivas de las ciudades y como se adecuaban a las revoluciones tecnológicas dominantes (Ascher, 2004), por lo cual su estructura está en permanente cambio. Al aparecer los conceptos de economías de externalidad (Fujita y Thiesse, 1997) o de cómo la economía auto organiza el espacio en base a la competencia entre los agentes generando zonas

---

<sup>1</sup> Viajeros de cercanías hacia el CBD.

de concentración que permiten admitir que los modelos presentan una evolución en base a equilibrios inestables y competencias monopolísticas, configurando un entorno urbano más cercano a una estructura de centros y subcentros especializados (Fujita y Ogawa, 1986).

Sin embargo, existen otros fenómenos recogidos en la Teoría de segmentación de mercados (Roca, 1982), donde se establece la contradicción de los supuestos de los modelos locacionales o de accesibilidad, traduciéndose en la generación de monopolios de suelo o segmentos de mercado que constituyen submercados y por ende, en fragmentos donde la teoría locacional no funciona de manera isótropa a lo largo del territorio.

Al verse enfrentada a factores de identitarios e históricos, restricciones de edificación, factores ambientales, entre otros, el concepto de “bid rent” se modifica y distorsiona la modelación solamente por accesibilidad. Por tanto, la aproximación metodológica debe tener en cuenta a la ciudad debe ser desde la modelación de una realidad fragmentada, donde existe un centro pero a la vez, se generan subcentros de atracción tanto funcional como sociocultural.

Esta capacidad funcional de los centros y subcentros, dependerá factores intrínsecos al sitio, pero también de la capacidad de acceder a ellos y como se conectan con el resto de la metrópolis funcional<sup>2</sup>. Por lo cual, la eficacia de las líneas de transporte como sus niveles de eficiencia o servicio, serán de importantes para la consolidación de un sector determinado (Gordon, 1996)

En este contexto se logra establecer una definición (Mc Donald,1985) de subcentro, como el lugar donde se produce un segundo “peak” en una función de densidad neta de trabajadores o de población. Siguiendo esta línea, Mc Millen (2003) amplía la definición a dos ámbitos, uno donde explicita su relación con el entorno, al decir que es un sitio donde existe una mayor densidad respecto al resto de los sitios y por otro, es el lugar donde tiene un efecto en la función de densidad del entorno. Roca (2007) amplía aun más la definición agregándole un aspecto más sistémico a esta identificación, al considerarlo una parte vertebradora de un subsistema urbano, dentro de una estructura metropolitana.

En los últimos años, se han desarrollado aproximaciones teóricas empíricas al tema de los subcentros y centros urbanos, ha buscado interpretaciones desde varios ángulos, Muñiz (2003), establece que si bien, todos los métodos han hecho aportes positivos al ámbito, todos presentan aspectos arbitrarios de delimitación del subcentro, como el número de habitantes, la retención de viajes, el número de empleados, entre otras, que hacen difícil su análisis en profundidad.

White(1999), establece una definición de modelos de identificación que consideran factores exógenos y endógenos a la formación de los subcentros, siendo los que estudian el empleo y su localización/deslocalización los exógenos y al contrario los endógenos se deben a la interacción entre las economías de aglomeración y los costos de transporte. En esa lógica, Roca, et al (2007) y Muñiz, (2003 a) y (2005) establecen una clasificación con base en los criterios de identificación, desde las funciones de densidad, pero en ambos casos difieren en el análisis por sus diferentes aproximaciones. Mientras Muñiz(2003) comprueba que Barcelona es una ciudad policéntrica y presenta los riesgos de una expansión, sin ejercer un análisis crítico de los

---

<sup>2</sup> Se encuentra implícito que la policentralidad se entenderá en un ámbito metropolitano funcional.

modelos, Roca et al(2007), presentan una conclusión contundente al asociar la identificación de los subcentros a la movilidad entre residencia y trabajo, entroncándose con la presentación de O'Sullivan (2007), sobre un territorio donde los subcentros son de diferentes potencias en base al destino de sus actividades y Betaud (2004) que plantea que las fuerzas que forman y mantienen el subcentro nacen de la de la eficiencia y eficacia del sistema de transporte.

En ese mismo sentido, Roca (2007), plantea una comparación numérica de los diferentes criterios de identificación y modelos o formas funcionales de la densidad, concluyendo que la función exponencial negativa y potencial inversa, junto con un modelo asociado a la movilidad son los adecuados para el análisis de la realidad de Barcelona.

Otra vertiente explotada, es la generación de las llamadas Cubic Spline (Andreson, 1982 y Muñiz 2003 b), donde implanta la presencia de "grumos" o anomalías locales de densidad. Sin embargo, se debe destacar (García, 2004), que sus coeficientes, al contrario de las funciones tradicionales, no presentan una interpretación directa, siendo interpretable solamente el termino libre como la densidad del CBD de forma directa.

Las funciones de densidad presentan algunas deficiencias al intentar explicar las densidades residenciales y los precios, dado que en la mayoría de los modelos la variable escogida ha sido normalmente la densidad de población (también la de empleo). En lo referente al comportamiento de los consumidores, este tipo de modelos ha analizado la localización del consumidor, el área de atracción de trabajadores del centro principal y de los subcentros y el comportamiento de la renta del suelo; pero no la densidad de población. Desde la aparición del modelo de Fujita y Ogawa (1986) puede seguirse dicha estrategia en modelos teóricos posteriores (Sullivan, 1986; Fujita et al., 1997). Lo cierto es que prefijar un nivel de densidad constante para ciertos intervalos (Muñiz, 2005) no tiene porqué comportar una inoportuna indefinición respecto al impacto esperado de los subcentros de empleo sobre la densidad de población. Basta con suponer que la elasticidad de la demanda compensada de vivienda es constante para que las predicciones teóricas sobre el comportamiento espacial de la renta del suelo sean cualitativamente idénticas a las de la densidad de población.

### 1.1 Estado del Arte.

Diferentes autores han desarrollado análisis sobre las familias de métodos de identificación de subcentros urbanos, sin embargo, cada una de ellas ha aportado nuevamente con la incorporación de más condiciones o nuevas familias. MC Millen(2003), explicita que no es necesaria mente fácil identificar los subcentros de antemano, ya que se conjugan varias variables difíciles de sintetizar en un análisis.

En ese sentido, la pregunta central e inicial es "¿Que es un subcentro?" y sobre qué sistema de conceptos estamos navegando para definir el tipo y los niveles de análisis necesarios para su identificación. Por ejemplo, McMillen y McDonalds (2001), definen un subcentro en base a dos parámetros propios de la densidad de trabajadores:

- 1.- Un punto singular de densidad
- 2.- Que ejerce una influencia en la densidad de su entorno.

Estos parámetros establecen una relación funcional de los lugares de trabajo, obviando la existencia de ciudades dormitorio y en su defecto, subcentros donde sus densidades de

trabajadores comerciales industriales o profesionales, cambien y se transpongan los tipos de trabajadores, siendo zonas de servicio y residencia y no necesariamente una zona donde se establezcan como subcentros.

Ante eso, Roca (2007) agrega un corolario a esta definición incluyendo una función de vertebración en un sistema territorial. O sea que fuera de ser un punto singular y contar con una influencia en los sectores aledaños, debe ser capaz de conformar un punto relevante en términos de la estructura de viajes, residencia y mercados inmobiliarios. En ese sentido, es posible que se establezcan incluso factores socioculturales para definir un subcentro, como por ejemplo la pertenecía o identidades de los habitantes o trabajadores de un lugar o municipio.

Estas definiciones han estado subyacentes al fenómeno y de hecho se han hecho parte de los significativos intentos de establecer una identificación certera se subcentros.

Así, las aproximaciones se pueden resumir en dos grandes familias en base a los parámetros con que identifican a los subcentros, las que trabajan con la Densidad de trabajadores, o población, y sus derivaciones; y por otro lado las que trabajan con la movilidad o los flujos de trabajadores. Si bien ambas son caminos convergentes, ya que dan cuenta del mismo fenómeno, las aproximaciones han sido diferentes.

Muñiz (2003), se han generado un primer acercamiento completo a una taxonomía de métodos de identificación (tabla Nº1), los cuales, han sido tratados desde el criterio a utilizar para su identificación. Generando al mismo nivel de desagregación, las estimaciones basadas en la densidad y en la movilidad de un territorio. En ese sentido, esa es quizás su principal debilidad, al mostrar la igualdad de condiciones los modelos de movilidad, basadas en los flujos de conmuting y las densidades de viajes, con los métodos basados en los residuos de regresiones paramétricas o no paramétricas, incluso espaciales. Si bien esto no es un error heredable a la identificación, o sea no lleva a identificaciones poco eficaces, es importante destacar que una hipótesis de identificación debería estar basada en las diferentes dimensiones del análisis, y de hecho, debe ser capaz de dar respuesta a las hipótesis que subyacen en la idea de un subcentro.

Desde otra ángulo, McMillen(2002), afirma que las ciudades ya no son monocéntricas, por lo cual los modelos basados en Alonso y Muth, deberían ser revisados y revisitados desde sus supuestos básicos. Establece una agrupación de los métodos de identificación de subcentros, entre los tradicionales y los semiparamétricos. En los primeros, trata ampliamente los de umbrales y residuos, tanto en su forma paramétrica como no paramétrica. En los segundos, los semiparametricos, incorpora desde el trabajo de Robinson (1988), un método que consta de dos pasos:

- 1) la generación de una regresión ponderada localmente (LWR o GWR), el análisis de sus residuos, y
- 2) después la comprobación del aumento de los valores de la regresión, al incorporar el factor de distancia a los subcentros.



Posteriormente el mismo McMillen (2003), plantea una clasificación en dos ámbitos, uno de conocimiento empírico previo a la identificación, un segundo asociado a métodos con mayor rigor estadístico, donde incorpora los de cortes e umbrales de densidad al mismo nivel que los basados en las regresiones paramétricas y no paramétricas. En ese sentido, explícitamente hace mención a las ventajas de los umbrales definidos por Gulianno y Small (1991), dado que al combinarlo con un conocimiento de la realidad a analizar, es fácil eficaz.

Cabe destacar que en aquel estudio el objetivo era incorporar efectos temporales, su discusión del caso de Chicago del 1970 a 2020 (McMillen y Lester, 2003), donde el modelo de umbrales es particularmente útil por su facilidad de utilización para una zona donde el corte del umbral es conocido.

En ese caso (McMillen, 2003b), utiliza series de Fourier para descomponer las series de valores de densidad y precios, con miras a agudizar los valores de los subcentros como puntos anómalos a una función monocéntrica, obteniendo aumentos de sus ajustes, expresados en aumento de los coeficientes de Pearson al cuadrado y ajustados, respecto a las regresiones iniciales. En ese sentido, cabe destacar que en algunos de sus trabajos posteriores (McMillen, 2003b y McMillen y Lester, 2003b), mejora este indicador, colocando valores inversos y cuadrados inversos de las distancias a los subcentros.

Cabe destacar que tanto Muñiz como McMillen, no incorporan condiciones de movilidad o interacción entre los diferentes territorios analizados al aplicar su análisis. En contrapunto, para el análisis de los subcentros de la región metropolitana de Barcelona, Roca, Marmolejo y Moix (2007) identifican cinco líneas metodológicas de para la generación de candidatos a subcentros (Tabla N°3), a la cual agregan la generación de protosistemas urbanos, en base a la máxima interacción entre ellos, rescatando a Gordon y Richardson (1986) y basados en el índice de interacción de Coombes y Openshaw (1982).

En los modelos policéntricos la presencia de un subcentro suele generar un impacto positivo sobre la población en las zonas próximas, por lo que cabría esperar el mismo efecto sobre la renta del suelo.

En cuanto a los trabajos teóricos que han reformulado el Modelo de Ciudad Central, son pocos, pero valiosos, los casos en que se han incorporado elementos propios del Modelo de Renta Ofertada, permitiendo con ello abordar aspectos relacionados con la renta del suelo o la densidad que quedaban fuera del modelo tradicional (Henderson, 1974; Fujita y Thisse, 1986). La mayor parte de trabajos donde se analiza el impacto de los subcentros sobre el gradiente de densidad han utilizado la densidad del empleo, no la de población, como variable dependiente. Rompiendo con esta pauta, Dowall y Treffeisen (1991) y McMillen y Lester (2003) encuentran evidencia empírica favorable a la existencia de una relación negativa entre densidad residencial y distancia al subcentro, aunque, en el primer caso, cuantitativamente menor a la que se da entre renta del suelo y distancia al subcentro.

Otros trabajos, (Muñiz y Galindo 2001 y Zheng 1991), han desarrollado estimaciones de funciones de densidad, en base a Cubil Spline, para explicar las densidades residenciales, con diferentes resultados y apreciaciones de las virtudes de esta forma funcional.

Los modelos teóricos y la evidencia empírica permiten sostener, al menos provisionalmente, que el efecto esperado de la proximidad a un subcentro de empleo incide positivamente sobre la densidad de población y por ende en los valores inmobiliarios.

En el caso de los precios, se entenderá por precio de situación, en que se obtiene por estar en una localización determinada reflejando la renta monopólica del suelo, en condiciones de escasez (Roca, 1982).

En el caso de ciudades monocéntricas, como Santiago de Chile, (Aguirre, 2007), se ha probado que funciones exponenciales y no paramétricas sirven para explicar de forma significativa las rentas del suelo y que aun así es conveniente el desarrollo de curvas por tipologías de edificatorias y socioeconómicas.

Existe una relación con la cercanía a los subcentros, el incorporar las relaciones de movilidad entre los diferentes subcentros como parte de los factores explicativos dentro de una ecuación de regresión (Osland, 2007), sin desmedro de que otros autores (Ryley, 2000) planteen que la relación a estudiar es el efecto de la separación espacial de los mercados homogéneos y como ellos se comporta respecto al CBD, considerando que este efecto es el que prima en cualquier análisis por medio de una regresión multivariante.

McMillen(2003), por su lado, explicita que en una ciudad policéntrica, las gradientes respecto al CBD, no serían significativas, ya que el modelo tendería a representar esta policentralidad. Lo que está en la línea de Heikkila,(1988), plantea que los precios hedónicos para captar estos precios debe ser corregidos, ya que su estimación no captará las distancias a los subcentros. Lo que de forma efectiva ocurre en estudios empíricos (Ball, 1973).

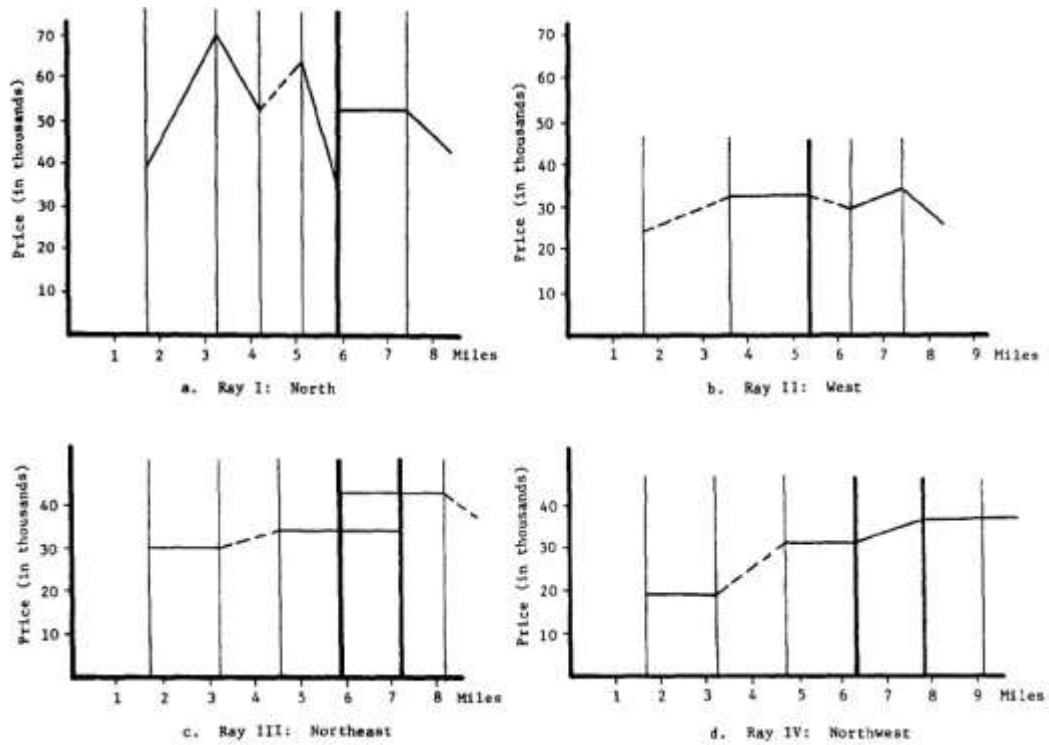
Muth(1969), establece varios factores para tomar en cuenta para la estimación de las gradientes de precios en un subcentro. Cabe destacar que este concepto como ampliación de los valores hedónicos del precio, resulta interesante para ser utilizado por sobre la valoración propia de los coeficientes hedónicos. En ese sentido, concentra el análisis de la regresión hedónica en el coeficiente que acompaña a la distancia al subcentro y a la distancia al CBD. Sin embargo, plantea ciertas condiciones que deben ser consideradas, que aun que no lo explicita, resulta una sutil forma de medir, o dejar de medir en el modelo, la movilidad y los factores de segregación socio espacial (cantidad de trabajadores que no trabajan en el CBD, presencia de Universidades, centros históricos, las rutas de transporte y las composición racial del vecindario) . En la línea de explicitar la movilidad, Brigham (1965), plantea que el cálculo de las gradientes debe estimarse desde los “rayos”, haciendo un símil geométrico de dirección y sentido con las vías más ocupadas y que conectan las diferentes partes de una metrópoli.

Sistematizando lo anterior, Dubin (1987) plantea un análisis de las gradientes de precios en Chicago, por los rayos y estimando formas de funcionales de Spline, estimando las regresiones en base a una batería de variables, resumidas en grupos o vectores, según su naturaleza, en base a los grupos definidos por Muth (1967).

McMillen (2003), plantea que la relación entre los precios y la estructura urbana es ambigua, al analizar los modelos de crecimiento de precios y la estructura espacial, medida en distancias,

de los valores por sección censal en referencia al CBD y Subcentros en La ciudad de Chicago, observando que no hay relación específica en el mercado residencial

Figura N°1  
Modelos teóricos de precio ante la presencia de subcentros.



Fuente: Dubin, Robin A. and Sung, Chein-Hsing (1987) 'Spatial Variation in the Price of Housing: Rent Gradients in Non-monocentric Cities', *Urban Studies*, 24:3, 193 – 204

Influencia de los subcentros metropolitanos en la estructura de los valores inmobiliarios y nuevos métodos de identificación

Tabla 1  
Asociación de los modelos propuestos a sus referentes teóricos

Familia	Referencia	Nombre	Variable Base	Criterio
<b>Densidad</b>	McDonald y Prather (1994)	Modelos de regresión paramétricas Exponenciales Logarítmicas y gravitacionales	Densidad e Empleo y Población	Función exponencial y gravitatoria, negativa y residuos positivos mayores a una desviación estándar
	Guliano y Small(1991)	Umbrales	Densidad de empleos	D empleo>25 empleos/he Empleos >10.000
	García López(2007)	Umbrales	Densidad de empleos	LTL superior al 1% del sistema Densidad mayor a la media del sistema
	Anselin,(2001) Mc Millen (2004)	Regresiones no paramétricas Spatial Lag	Densidad de empleos	Función exponencial(LN) negativa y residuos positivos mayores a una desviación estándar
<b>Movilidad</b>	Isard(1957)	Modelo gravitacional restringido en origen	Flujos de trabajadores	Municipios que presenten más flujos o LTL que los asignados por el modelo

Fuente: Elaboración propia

De los modelos identificados, se puede establecer tres líneas de críticas a ellos, la estancamiento, especialización de los métodos y la sobre estimación del paradigma Monocéntrico de Alonso y Muth.

a.- La estancamiento.

El primer punto débil, desde este análisis, para identificar y validar los subcentros, es la estancamiento de los métodos y su estructuración. Esto se entiende desde el poco dialogo y complementariedad que muestran al estar basados en variables netamente econométricas o las relacionadas con la movilidad. De hecho, es común que los factores de lugares de trabajo localizados estén no diferenciados los trabajadores residentes y los trabajadores que llegan desde otros lugares o salen a trabajar a otros territorios con lo cual la forma de ver el subcentro pierde riqueza. Una Solución a esto sería la generación de medidas de densidad que permitan incorporar estas dimensiones, con lo cual esta pequeña salvedad, podría mejorar las estimaciones de de densidad de trabajo, permitiendo la identificación más certera de subcentros, donde los territorios más densos se encuentren definido desde varios ángulos.

b.- La especialización de los métodos.

Si bien es una ventaja que se especialice la técnica, en particular los modelos econométricos, resulta muy difícil su aplicación a varias realidades diferentes. De hecho, McMillen(2003), reconoce de forma certera que el método de Guliano y Small, es el más fácil de ocupar para comparar ciudades, dado que su agregación permite el desarrollo de puntos anómalos de densidad. En ese sentido, la simpleza y parsimonia de un método de identificación resultaría muy atractiva si se combina con su eficacia.

c.- La sobre estimación del paradigma Monocéntrico de Alonso y Muth.

Si bien, el aporte de los modelos clásicos de Alonso-Muth, es indudable, es necesario aclarar que sus supuestos básicos, son ampliamente superados por la realidad policéntricas y más aun con las diferentes estrategias de segmentación de mercados inmobiliarios, aun así que sucede con los supuestos de la centralidad o del monocentrismo, cuando el sistema que se analiza es perfectamente policentrico.

Muñiz (2007), plantea la necesidad de incorporar dos aspectos a este análisis, el primero es la delimitación mediante un Filtro urbano, donde las decisiones de ubicación de las familias, es diferente en función de su capacidad económica familiar. El segundo nace de la función de la fiscalidad, o sea como el estado interviene el espacio con subsidios, generando externalidades y a su vez, estableciendo planes de ordenación. Por último, hace patente la necesidad de establecer un modelo ecléctico, en base a las aportaciones de Phe y Wakely, (2000), donde rescata lo mejor de ambos.

Uno de sus supuestos que más se hereda en todos los análisis, es la homogeneidad del espacio y por ende la priorización del acceso a los centros de trabajo en las decisiones de residencia (Camagni, 2005). No pocos investigadores, (García López, 2007, Roca, 2007, Muñiz, 2003, Dubin, 1987, Mc Millen, 2003) han criticado este punto y han mejorado sus estimaciones, segmentando la distancia al CBD, en base a ejes de transportes, asociando valores de distancia-tiempo-costo, la geomorfología propia del lugar de análisis, e incorporando las infraestructuras existentes.

Quizás uno de los puntos más complejos es la acción del estado en base a la incorporación de anillos verdes, restricciones a la edificación y edificabilidad, lo que genera niveles importantes de imperfecciones en el mercado de la vivienda y de trabajo<sup>3</sup>.

La competencia imperfecta (Santander, 2000) de los mercados inmobiliarios genera este trade off que permite establecer la curva exponencial negativa propia de los modelos monocéntricos. Sin embargo, este trade off es interpretado por el mercado inmobiliario modificando las características de la vivienda, y de mejor manera, modificando los productos ofrecidos en base a la elasticidad precio de los diferentes atributos de la vivienda (Aguirre y León, 2007; Aguirre, 2003, Camagni, 2005).

Roca(1982), plantea la realidad de los valores de suelo como segmentada, lo que puede ser extensible a los mercados inmobiliarios, donde cada uno de los submercados inmobiliarios aumentan sus rentas en base a la mejora de sus características.

McMillen y McDonalds(2007), establecen un cambio en las funciones que nacen de Alonso-Muth, donde a contar de un punto de distancia del CBD, los valores inmobiliarios y de densidad de población empiezan a crecer. (Figura nº1). En ese sentido, Muñiz (2003) ha generado modelos de cubic spline para identificar “grumos” de densidad de población, aportando con esta técnica de análisis. Sin embargo, resulta compleja su aplicación ya que las escalas de medición deben corresponder a secciones censales o incluso con mayor representatividad espacial.

---

<sup>3</sup>Los Polígonos industriales, las zonas de protección, etc.

Para diferentes ciudades, se ha probado el análisis de modelos de precios, sin embargo resulta complejo su análisis, ya que econométricamente, alguno de sus valores tiene a ser no representativos y más aun existe una multicolinealidad efectiva entre las medidas de distancia y accesibilidad de los centros y subcentros.

En ese sentido, y tratando de explicar estos cambios de pendiente, Muñiz (2007) citando los trabajos de Muth(1969), Mills(1973) , Johnson y Kau(1980), Alperovich(1983), incorpora una formulación donde fuera de la distancia se incorporan otros factores asociados a la demografía, geografía y socioeconómicos, para mejorar las estimaciones de densidad de población.

En esa línea, (Straszeheim,1987), establece que el modelo de Alonso-Muth al estar basado en un modelo de consumo de tierras, ignora efectos como el vecindario o barrio, las características de la condiciones socioeconómicas, la densidad de población, las características ambientales y los servicios públicos y privados que existen en la zona. Por tanto, un modelo econométrico de precios hedónicos debe estar especificado con estos valores tratando de mostrar el vector general de con estas condiciones donde sea posible observar el comportamiento del precio de un bien en particular cuando se produce una variación en alguna de sus características.

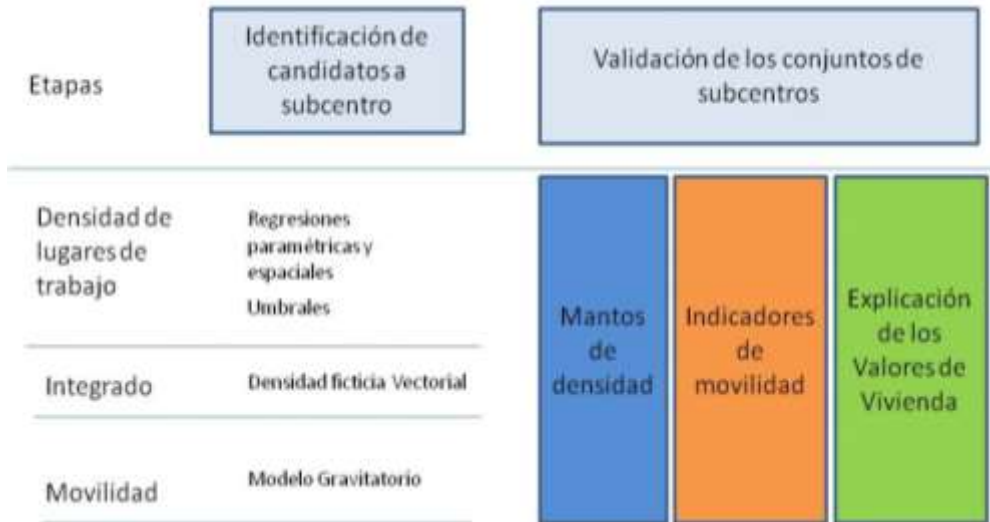
La definición de subcentro asociada a tres dimensiones, la singularidad de la densidad de trabajadores localizados, la influencia que tiene sobre el entorno y su acción en territorio, manteniendo el criterio de Roca, et al. (2007).

Los principales avances de esta investigación nacen de la generación de un modelo de identificación y análisis de subcentros metropolitanos integrando varias familias de metodologías y tratándolas en el mismo nivel.

Para la aplicación se establecieron dos etapas, donde interactúan las estimaciones que miden fenómenos de densidad y movilidad o sea se encuentran metodologías de identificación y validación por ambos métodos, y se validan a su vez de forma integrada, tal como se observa en la figura N°2.

Se reorganizan las taxonomías de modelos existentes en base a dos grandes familias, el primero, el de la densidad y todas sus variantes, especificando los criterios de identificación, por un lado, y las de Movilidad, asociadas principalmente a los flujos de trabajadores entre distintos puntos de los sistemas metropolitanos, como se muestra en la tabla 5. Además, se muestra el criterio a seguir y en base a qué forma funcional de trabajará en la identificación. Se seleccionan modelos de identificación en base a estas familias, agregando los modelos de umbrales de densidad, sugeridos por McMillen (2003), por ser los eficaces, pero no eficientes, de la literatura. En base a la definición de subcentro, se establece en una aproximación a su medición, identificación y validación, por medio de criterios expuestos en la tabla 3, donde se observa que cada una de las etapas es coherente con la definición aceptada.

Figura N°2  
Esquema general de la metodología propuesta.



Fuente: Elaboración propia

Influencia de los subcentros metropolitanos en la estructura de los valores inmobiliarios y nuevos métodos de identificación

Tabla 3  
Asociación de la definición de subcentro a la metodología empleada

Dimensión	Etapas de aplicación	Forma de aplicación (Criterio)	Medio de comprobación
Un punto singular de densidad	Identificación de candidatos	Puntos anómalos de densidad	Set de subcentros
Que ejerce un aumento en la densidad de su entorno.	Validación	Aumento del $R^2$ de una regresión paramétrica o espacial	Mantos de densidad según regresiones paramétricas
Que es un vertebrador del territorio metropolitano	Identificación	Recepción de mas flujos de los estimados por un modelo metropolitano	Set de subcentros gravitatorio
	Validación	Ranking de los Indicadores Aumento de $R^2$ en una regresión hedónica	Indicadores de movilidad, interacción. Regresión de precio hedónico, explicación del los precios en base a la presencia de los subcentros

Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, todos estos fenómenos explicitados, plantean problemas importantes en la estimación de los valores inmobiliarios, ya que se puede augurar que los modelos de subcentros por densidades de trabajadores y precios de vivienda, están espacialmente desfasados, o sea en la medida que aumente la masa de trabajadores, disminuirá la vivienda. Guardando principal interés el desarrollo de modelos que sean robustos y que pretendan explicar de mejor forma el fenómeno o fenómenos a tratar. En ese sentido, resulta conveniente establecer algunas condiciones de aceptación para los modelos de densidades y precios.

La primera, nace de la naturaleza de los métodos de estimación involucrados, en primera instancia, se busca determinar una función de gradiente negativa y exponencial negativa, al menos, en los modelos de densidad. Para ello este análisis se realizará mediante una estimación de máxima verosimilitud, donde se evaluará la normalidad y media de los residuos, y que los factores sean significativos. Estas curvas permitirán encontrar los puntos de mayores residuos positivos y en ellos identificar candidatos a subcentros.

Al contrario, en los modelos de precios hedónicos, se utilizará los mínimos cuadrados ordinarios y los modelos de Spatial Lag, OLS ponderados y Spatial error. En todos ellos, se evaluará el ajuste, la consistencia teórica de los estimadores, la significancia de la regresión y sus estimadores, la no multicolinealidad de estimadores y la heterocedasticidad de los residuos.



## 2. Caso de estudio

Para desarrollar el análisis, se ha elegido como ámbito de estudio la Región Metropolitana de Barcelona: esta cuenta con 164 municipios, 3.200 kilómetros cuadrados, 551 kilómetros cuadrados artificializados<sup>4</sup>, en el año 2001, que es el periodo de corte transversal. La información de los Lugares de trabajo Localizados, se extrajo del Censo de Población y Vivienda, realizado por INE. En ese sentido, se debe destacar que INE no proporciona información menor escala que municipal para los lugares de trabajo por lo cual, es materia de otra investigación el desarrollo de un método para establecer el análisis en las unidades censales inframunicipales, lo que es según la literatura el óptimo. (McMillen, 2001, Gulianno, 1986, McDonalds 1985)

En un segundo lugar, se estimará mediante regresiones paramétricas, que permitan explicar la densidad de trabajadores por municipio en función de la distancia a Barcelona. En ellas se seleccionaran los candidatos a subcentros en base los municipios, que cuenten con una desviación estándar positiva de los residuos, verificando que los modelos cumplan con un mayor ajuste y que las medias de sus residuos sean iguales a cero.

Por otro lado, se evaluarán regresiones espaciales en tres grupos, las ponderadas según en LWR o GRW5, un modelo Spatial Lag y uno de Spatial Error. En todos ellos, se evaluará una contigüidad<sup>6</sup> en base a los vecinos más cercanos, y una contigüidad en base a los modelos "Queen" y "Rook", de 1 a 4 municipios.

En el caso ambas estimaciones se ensayará una versión compuesta de la densidad de trabajadores localizados, asociada a una visión vectorial de los trabajadores, para incorporar patrones de movilidad en la variable<sup>7</sup>. Esta medida vectorial nace del análisis de la densidad de LTL, donde esta se calcula con base en la suma de los flujos entrantes y la población residente dividida por unidad de superficie, sin embargo, esto supone que los valores tienen el mismo sentido vectorial, y por ende son unidades complementarias, cuando en la realidad es que son mutuamente excluyentes y de hecho en términos vectoriales, son ortogonales. En el caso particular en que el ángulo entre los componentes sea 450, ambas medidas son iguales, lo que implica que la medida de densidad compuesta involucra de forma implícita medidas de movilidad, al establecer una escala corregida para ver las densidades de trabajadores, ya que matemáticamente, un municipio con muchos trabajadores residentes, tendrá una corrección a la suma de los sus trabajadores involucrando de menor medida el peso de los trabajadores entrantes. En si esta densidad ficticia lo que busca es establecer dentro de la medida de densidad tradicional, un parámetro que permita diferenciar las comunas dormitorio o que son orígenes de viajes laborales, de las autosuficientes que, a pesar de contar con densidades similares, son fenómenos diferentes en términos de la definición de subcentros a la cual se ha adherido.

Al observar la figura N°5, muestra los valores de las densidades de trabajadores residentes y entrantes, por municipio y una línea de referencia para los 450 grados, para los municipios de la RMB8, con lo cual ve una separación entre los municipios más pequeños en cantidad de

---

<sup>4</sup> Según información de análisis espectral de fotos satelitales, realizados en el CPSV-UPC.

<sup>5</sup> En base al software Geoda versión Beta, libre distribución, de Luc Anselin.

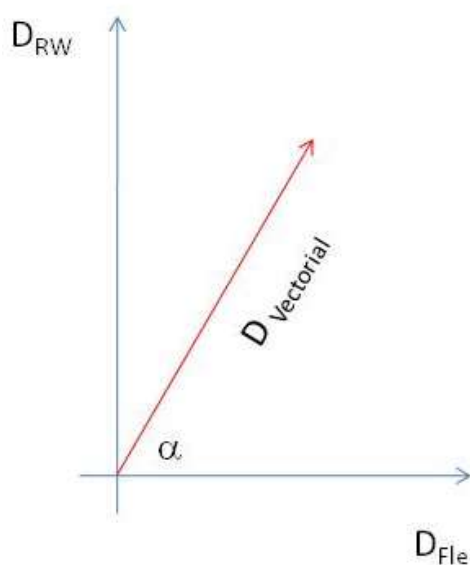
<sup>6</sup> Se probó con valores de distancia asociados a los centroides municipales, pero por el tamaño de las zonas estudiadas, se considero poco relevante, y menos preciso que los modelos de contigüidad por polígonos.

<sup>7</sup> Se agradece explícitamente a Josep Roca, director del CPSV, por aportar con este enfoque.

<sup>8</sup> Acrónimo de la Región Metropolitana de Barcelona.

trabajadores, donde se observa una concentración cerca de la línea de 450 y los más grandes, donde se ubican hacia arriba o debajo de esta línea. En términos formales, esta línea marcaría un punto de igualdad entre los trabajadores residentes y entrantes lo que se traduciría en una relación de autocontención de trabajadores superior al 50% de los LTL9. Por tanto, en términos de los

Figura N°4  
Explicación de medida vectorial



$$D_{\text{Vectorial}} = ((D_{\text{Rw}})^2 + (D_{\text{fle}})^2)^{0,5}$$

$$\alpha = \text{ArcTan}(D_{\text{Rw}} / (D_{\text{fle}}))$$

$$D_{\text{LTL}} = D_{\text{Rw}} + D_{\text{fle}}$$

$$D_{\text{Vectorial}} = D_{\text{LTL}} = D_{\text{Rw}} + D_{\text{fle}} / \alpha = 45^\circ$$

Siguiendo la metodología antes definida, se muestran los resultados organizados según el método de identificación, y haciendo hincapié en los supuestos y métodos particulares adoptados.

Entonces, para el desarrollo de análisis de identificación de subcentros, se tomarán los siguientes modelos y se obtendrán los sets de candidatos identificados.

Los métodos de umbrales, son sin lugar a dudas, los más fáciles de aplicar en diferentes realidades metropolitanas. Consisten en la identificación de un punto de corte entre la densidad y la masa de un municipio para seleccionarlos como candidatos a subcentros. Ambos métodos seleccionan el CBD como candidato, el cual debe ser eliminado de los candidatos a subcentro. Sin embargo, ahí aparece el punto en controversia y principal limitación de este método. ¿Qué sucede si en CBD no es solo un término municipal o como lo es en realidad, es un continuo urbano de difícil separación en términos administrativos?

<sup>9</sup> Acrónimo para los Lugares de Trabajo Localizados.

En ese sentido, Gulianno y Smal(1986), plantean la generación de conglomerados asociados a unidades territoriales de mayor precisión espacial, como por ejemplo secciones censales. Sin embargo, en esta investigación, no se contó con esta información, y por ende, solo se pudo seleccionar los datos a nivel de municipio.

Gulianno y Small(1986), identifican un subcentro como una unidad territorial que cuenta con una masa de más de 10.000 LTL y una densidad al menos de de 10 LTL por Acre, con su equivalencia en LTL por Km<sup>2</sup>; el resultado de aplicar este criterio a la RMB se muestra en la figura 14. Con ello se identifican 26 candidatos a subcentros que se muestran en la figura 15

Por su lado, García López (2007), plantea una delimitación específica para la RMB, por lo cual es un referente necesario. Sus umbrales de cálculo son una masa de trabajadores superior al 1% del total de la RMB y una densidad superior a la media de del sistema. Estos puntos de corte se muestran en la figura nº16 y los 15 candidatos a subcentro identificados se muestran en la figura 17. Sin embargo, ambos métodos, potencia el efecto de continuo urbano de Barcelona, lo que les resta validez.

Tabla 4  
Resumen de los modelos a estudiar

Familia	Nombre de trabajo	Referencia	Nombre	Variable Base	Criterio
Densidad	Set 1,3 Densidad de LTL Set 2 y 4 Densidad vectorial	McDonald y Prather (1994)	Modelos de regresión para métrica Exponenciales Logarítmicas y gravitacionales	Densidad e Empleo Densidad de empleo Vectorial	Función exponencial y gravitatoria, negativa y residuos positivos mayores a una desviación estándar
	Set5	Gulianno y Small(1991)	Umbrales	Densidad de empleos	D empleo>25 empleos/ha Empleos >10.000
	Set6	García Lopez(2007)	Umbrales	Densidad de empleos	LTL superior al 1% del sistema Densidad mayor a la media del sistema
	Set 7 Densidad de LTL Set 8 Densidad Vectorial	Anselin,(2001) McMillen (2004)	Regresiones no paramétricas Spatial Lag	Densidad de empleos	Función exponencial(LN) negativa y residuos positivos mayores a una desviación estándar
Flujos de Movilidad	Set 9 y 10	Isard(1957)	Modelo gravitacional restringido en origen	Flujos de trabajadores	Municipios que presenten más flujos o LTL que los

Fuente: Elaboración propia.

## Influencia de los subcentros metropolitanos en la estructura de los valores inmobiliarios y nuevos métodos de identificación

Tabla 5

Resultados de estimación de las curvas de densidad, distancia a Barcelona para densidad LTL

Modelo	DLTL=b*dist BCN + k	DLTL=a*Exp(b*Dist BCN+k)	Ln DLTL=b* Dist BCN +k	D LTL=a(dist BCN)^b +k	Ln DLTL=b*ln( Dist BCN) +k
	Lineal	Exponencial	Estándar	Gravitatorio	Log Log
a	0	89,16	0	17273,8	0
b	-57,7	-0,059	-0,034	-0,075	-0,593
k	3667,75	4,503	8,17	23966	8,99
f	71,06	164,8	61,863	200,369	49,188
SIG	0	0	0	0	0
Error estándar	1331.5	1125,42	0,846	40579	0,872
R <sup>2</sup>	0.308	0.484	0.279	0.524	0.235
Es la media de los residuos cero	no	Si	no	si	no

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6

Resultados de estimación de las curvas de densidad, distancia a Barcelona para densidad vectorial

Modelo	Dvec=b*dist BCN + k	Dvec=a*Exp(b*Dist BCN+k)	Ln Dvec=b* Dist BCN +k	D vec=a(dist BCN)^b +k	Ln Dvec=b*ln( Dist BCN) +k
	Lineal	Exponencial	Estándar	Gravitatorio	Log Log
a	0	69,05	-	12.619,75	-
b	-42782	-0.058	-0.034	0.076	-0.589
k	2,725	4.094,00	7.867	17.576.153	8.688
F	71147	159.286,00	62.373	173.371	49.804
SIG	0	0	0	0	0
Error estándar	993.41	846.25	0.63	828.3	0.861
R <sup>2</sup>	0.305	0.475	0.278	0.517	0.235
idem Residuos=0?	no	si	no	si	no

Fuente: Elaboración propia.

Para la estimación de las regresiones espaciales, se consideró un modelo semi exponencial logarítmico, que algunos autores llaman estándar para la densidad de trabajadores, haciendo pruebas con varias combinaciones de tipos de regresión y matrices de contigüidad.

Este modelo estándar está definido de la siguiente forma:

$$\ln(D_{itl}) = k - \beta d_{CBD}$$

Donde:

$\ln(D_{itl})$  es el logaritmo natural de la densidad de lugares de trabajo localizados

$\beta$  es el coeficiente de fricción

$d_{cbd}$  es la distancia a CBD

$k$  es la constante de regresión

Así se seleccionó las matrices que obtienen mejor ajuste y además mantiene la media de sus residuos en cero. Las regresiones Spatial Lag, son las más adecuadas en este sentido, ya que el modelo y sus condiciones, en particular el ponderador  $w$ , absorbe la autocorrelación espacial que aparece en el modelo base y que hace que la regresión no tenga media cero para sus residuos y presente un ajuste muy bajo.

Los modelos de Spatial lag, fueron estimados por máxima verosimilitud y se desarrollaron de forma interactiva modificando los valores en las matrices de contigüidad de uno en uno, obteniendo los resultados de la tabla 7. En ese sentido, se elijen valores de las regresiones espaciales número 3 y 4, ambas estimadas en base a una matriz de contigüidad de un vecino y en forma de hacia todos los lados, emulando a la Reina de Ajedrez.

En la evaluación de la densidad vectorial, se observa un aumento significativo del ajuste y precisión en la identificación de los subcentros, en casi todos los modelos con contigüidades iguales.

Esta estimación presenta dos cuestionamientos posibles, el primero es la presencia de Barcelona, dado que el modelo lo distingue como un punto singular, al ser exponencial logarítmico. Sin embargo, la corrección de la autocorrelación espacial elimina efectivamente de los candidatos a los municipios del continuo de Barcelona. Además, considera valores de densidad anormales en municipios rurales, que son corregidos casi en su mayoría por la densidad vectorial, pero aun en esta existe una sobre estimación de los municipios de la costa. Si bien esta aproximación puede considerarse eficaz, dista mucho de ser una estimación eficiente en elegir sus candidatos.

Se calibraron dos modelos gravitatorios, el primero, en base a la modelación de los flujos entrantes en cada territorio y un segundo, donde se modelaba el total de LTL de cada municipio. En ese sentido, los dos modelos sirven para evaluar dos aspectos de la movilidad, la capacidad de atracción en el territorio por un lado y la capacidad total de movilidad de los trabajadores en todo el territorio. Esta diferencia permite explorar algunos municipios asociados a ciudades dormitorio o polígonos industriales, que son efectivamente grandes atractores de viajes.

Tabla 7  
Resultados de calibración modelos gravitacionales

	set	$\alpha$	$\beta$	R2
Sub centros gravitatorio 1_Flujos	Set 9	0,9999	2,0033	0,9999
Sub centros gravitatorio 2_LTL	Set 10	1,0001	1,8902	0,9837

Fuente: Elaboración propia.

Este método de identificación, ha desarrollado una nueva alternativa de análisis, al considerar, que los valores de anormalidad, se tomó en un desviación estándar positiva, sin embargo, no tiene por qué ser así, ya que los residuos de cada una de los municipios no tiene por qué distribuir normal, ni menos aun ser continuos. Así el punto de corte, en para este ejercicio es solo una aproximación y en investigaciones posteriores requeriría de un análisis más profundo.

Al estimar las anormalidades como una desviación estándar hacia arriba, se obtienen los sets de candidatos. Como se puede observar el modelo de flujos, muestra municipios que efectivamente han sido identificados por otros métodos, haciendo hincapié la identificación de los polígonos industriales y su entorno. A su vez, el modelo de LTL, selecciona una cantidad importante de subcentros, pero agrega municipios del continuo de Barcelona y de la costa

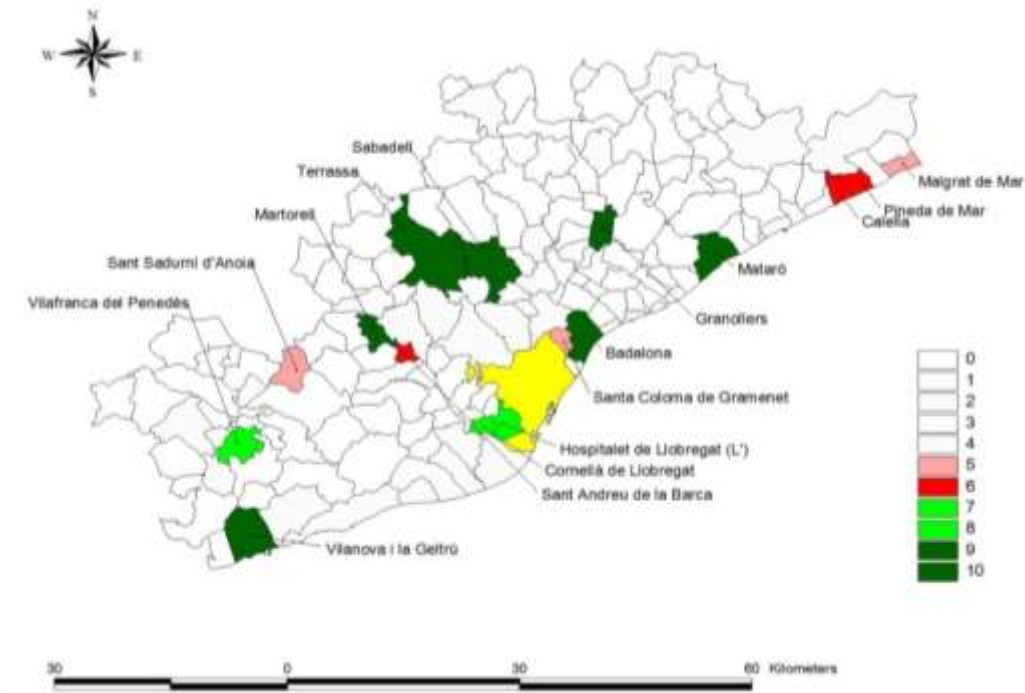
Como se observa hay municipios (5) que son elegidos por todas las metodologías, Badalona Mataró, Sabadell, Terrassa Villanova y la Gertrú. Los que son elegidos en 9 son Granollers y Martorell, y por 8, solamente el de Vilafranca del Penedes.

Ahora, de los elegidos por más de 5 métodos, se observa que los modelos espaciales, eliminan los del continuo de Barcelona y los métodos de umbrales y gravitacionales, no seleccionan los municipios más alejados y que son identificados por los métodos de regresión. Caso especial es el de Santa Coloma de Gramanet que es seleccionado como subcentro por 5 métodos, donde los modelos de flujos, regresiones exponenciales y espaciales no la seleccionan.

Al analizar los que son elegidos por menos de 5 métodos, se observa una formación en dos ámbitos, el primero, entre los subcentros anteriores y alejados, estos municipios alejados de Barcelona, son seleccionados por los métodos de movilidad y espaciales, ya que sus métodos han considerado el efecto que presentan sobre su entorno. En la figura Nº 24, se pueden ver estos municipios, graduados desde negro (seleccionado por 4 métodos) a Gris (seleccionado por un método), junto con los subcentros en colores que presentan la misma escala que la figura 4.

Figura 4

Candidatos a Subcentros, según la cantidad de modelos sobre los cuales fueron elegidos



Fuente: Elaboración propia.

### 1) Validación de los subcentros

Para la validación de los candidatos a subcentro, se ha establecido tres acercamientos, el primero corresponde a como se explica el manto de densidad de trabajadores, al incorporar los subcentros a una regresión. El segundo, es la identificación de relaciones de movilidad, con base en los indicadores de autocontención de los sistemas de subcentros, la generación de indicadores de atracción de flujos, y el análisis de la interacción de los municipios. Por último, retomando la hipótesis, basada en los modelos de “commuting”, la cercanía a los subcentros debe estar reflejada en los aumentos de precios de la vivienda y en su defecto en los precios de suelo.

#### a) Desde la Densidad de Lugares de trabajos localizados.

A cada set de candidatos, se calculó un impacto en los mantos de densidad, basados en el supuesto de que mejorarían los valores de ajuste, al incorporar más información al sistema. Para los modelos de Umbrales y los gravitacionales, se ajustó un modelo en versión exponencial gravitacional y exponencial logarítmica, seleccionando el primero, como versión estándar (Roca, 2007, Mc Millan 2004). En el caso de las regresiones espaciales, se utilizó la regresión en base al logaritmo de la densidad y se comprobó que ocurría con las otras matrices de contigüidad evaluadas anteriormente.

Se testeó tres medidas de distancia a los subcentros, la mínima al conjunto de subcentros, y dos medidas de accesibilidad en base a todas las distancias a los subcentros. La primera es el inverso de las sumas inversas de cada distancia a los subcentros y busca establecer una medida que incorpore el efecto de los municipios más lejanos al cada subcentro. En esa misma línea, y

## Influencia de los subcentros metropolitanos en la estructura de los valores inmobiliarios y nuevos métodos de identificación

potenciando aún más estos valores, se considera la suma de los cuadrados inversos de estos valores.

Tal como se observa, los modelos de exponencial gravitatorio son los que presentan mayor aumento en todas las medidas de distancias a los subcentros. El modelo que mejora más es el set 3, seguido de set 2 y el 4. Cabe destacar que los modelos espaciales mejoran bastante al incorporar a los subcentros, pero sus valores finales aún son menores que los modelos de regresión. Además, los modelos de Umbrales y Gravitacionales, son los mejoran menos.

Tabla 8  
Resultados de calibración modelos

Set	Nombre	N subcentros	Variable dependiente	R2	R2 min dist	R2 dist 1	R2 dist 2
1	Regresión Exponencial Densidad Tradicional	22	D III	0,484	0,574	0,555	0,568
2	Regresión Exponencial Densidad Vectorial	22	DVec	0,475	0,787	0,786	0,788
3	Regresión Gravitacional Densidad Tradicional	26	D III	0,524	0,822	0,817	0,819
4	Regresión Gravitacional Densidad Vectorial	15	DVec	0,517	0,786	0,777	0,781
5	Gulliano y Small	25	D III(EXP)	0,481	0,514	0,559	0,568
6	García Lopez	15	D III(EXP)	0,479	0,531	0,567	0,603
7	Spatial Lag_Geoda Queen ( 1 ) DIII	22	LN D III	0,381	0,521	0,637	0,605
8	Spatial Lag_Geoda Queen ( 1 ) Vector	20	LN Vec	0,485	0,566	0,662	0,629
9	Sub centros gravitatorio 1	19	DIII	0,481	0,577	0,565	0,556
10	Sub centros gravitatorio 2	22	DIII	0,481	0,492	0,488	0,487

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9  
Resultados de calibración modelos gravitacionales

Matriz	Variable dependiente	R2	R2 min dist	R2 dist 1	R2 dist 2
ROOK 1	LN D III	0,373	0,517	0,634	0,602
ROOK 1	LN Vec	0,482	0,563	0,66	0,627
Queen 1	LN D III	0,381	0,521	0,637	0,605
Queen 1	LN Vec	0,485	0,566	0,662	0,629
Nest Neig 4	LN D III	0,351	0,513	0,574	0,567
Nest Neig 4	LN Vec	0,465	0,549	0,637	0,615

Fuente: Elaboración propia.



b) Desde la movilidad

Para abordar la movilidad de trabajadores se tomo tres tipos de aproximaciones, el primero, denominado absoluto, es el cálculo de las tasas de autocontención y autosuficiencia de cada set de subcentros. En ese sentido, se calcula además el porcentaje de trabajadores del sistema que están involucrados en cada sistema de subcentros con y sin el CBD. En segundo apartado es la generación de indicadores de medición de los flujos entrantes en este modelo, mediante su suma, su promedio y promedios duros como su distribución mediante los percentiles. Para finalizar, se estimó los valores de interacción (Coombes, 1982) para cada uno de los municipios y el set de subcentros.

i) *Absoluta*

En la medición de la autocontención y autosuficiencia de cada set, donde solamente los set de candidatos, gravitacional de LTL (set 10), García López (set 6 ) y Gulianno y Small(set5), tienen valores de autocontención inferiores al 50%. Asimismo los valores de autosuficiencia más altos se encuentran en los set espaciales.

Para la autocontención, los valores inferiores al 50% están en los sets 5, Gulianno y Small, y en el set 9, gravitatorio de flujos. Los valores más altos, se encuentran nuevamente en los sets espaciales.

Sin embargo, al analizar las masas totales del LTL del sistema y de cada set de subcentros, se observa una baja significativa de los modelos espaciales, así como un aumento de los valores de los modelos de umbrales.

En síntesis, se puede especular que los modelos espaciales, al eliminar los efectos bordes o des bordes de cada subcentro, y de hecho su efecto sobre los municipios aledaños, selecciona anomalías de densidad centrales de sistemas más grandes, lo que disminuye el valor total de LTL involucrados en cada sistema. Al contrario, el modelo de umbrales, al seleccionar conjuntos más grandes y de forma “miope” con las autocorrelaciones espaciales, elige estos sistemas mayores.

## Influencia de los subcentros metropolitanos en la estructura de los valores inmobiliarios y nuevos métodos de identificación

Tabla 10

Medidas de autocontención, autosuficiencia y total de LTL por cada sistema de identificación

Set	Nombre	N subcentros	Autocontención Subcentros(%)	Autosuficiencia Subcentros(%)	%LTL sistema Subcentros	%LTL sistema +CBD
1	Regresión Exponencial Densidad Tradicional	22	53	53	23	64
2	Regresión Exponencial Densidad Vectorial	22	52	53	26	67
3	Regresión Gravitacional Densidad Tradicional	26	50	50	26	67
4	Regresión Gravitacional Densidad Vectorial	15	50	52	31	72
5	Gulliano y Small	25	43	46	37	78
6	García Lopez	15	49	54	30	71
7	Spatial Lag_Geoda Queen ( 1 ) Dfll	22	59	63	20	61
8	Spatial Lag_Geoda Queen ( 1 ) Vector	20	60	61	22	63
9	Sub centros gravitatorio 1	19	52	46	30	71
10	Sub centros gravitatorio 2	22	42	57	28	69

Fuente: Elaboración propia.

## ii) Indicadores de atracción de flujos

Una segunda batería de indicadores de eficiencia de los subcentros desde la movilidad, es el cálculo de indicadores. El primero de ellos, es la media de los flujos que atraen cada uno de los sets de municipios.

En ese sentido, y dada la cantidad diferentes de subcentros existentes, se calculó desde dos perspectivas, las primera es la estimación de las medias de flujos (denominado I1) y su medias robustas<sup>10</sup>, el M-estimador de Hubert, que coloca un factor constante para cada valor alejado del promedio (en este caso el valor es de 1,339). En los otros casos, genera una curva sinusoidal que permite asumir los valores más cercanos a la media como más importantes, o pesados, en base a tres supuestos, el de Turkey, que es una curva senoide de con un factor de peso de 4.45, para este caso, el Hampel, que asumen una curva sesgada, cuyos valores son 1,700, 3,400, y 8,500 para este caso y los valores de Andrews, que asumen una curva en de la función seno para esta estimación y cuyo valor de peso es de 1.340 \*<sup>2</sup>.

En el caso de las movilidad media, los valores son similares en casi todos los casos sin embargo, podemos observar que el modelo que presenta mayor robustez en su media es el set 4 y el 6. Asimismo, los menos eficientes son los modelos 7 y 8.

Si analizamos los resultados en base a los valores vectoriales y su diferencia con los valores de densidad tradicional, podemos observar que los sets vectoriales, son más robustos que sus pares de LTL.

<sup>10</sup> La motivación es producir estimadores que no son indebidamente afectada por las pequeñas desviaciones de supuestos del modelo.

Tabla 11  
Medias y media robusta de flujos atraídos a cada set de subcentros

Set	Numero de subcentros	I1	Huber's M-Estimadora	Tukey's Biweightb	Hampel's M-Estimadorc	Andrews' Waved
1	22	8.643	5.736	4.637	6.198	4.605
2	22	7.728	5.734	5.258	6.402	5.243
3	26	9.267	7.668	7.439	8.112	7.444
4	15	13.559	12.845	12.731	12.944	12.737
5	25	12.539	10.438	10.077	10.443	10.045
6	15	15.735	15.384	14.891	15.270	14.861
7	22	6.166	2.846	1.652	2.169	1.629
8	20	7.449	3.588	2.309	2.659	2.309
9	19	12.575	12.577	12.228	12.665	12.211
10	24	8.893	6.603	5.371	6.716	5.322

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12  
Indicadores de movilidad del set de subcentros

Set	Numero de subcentros	Suma de Flujos	I1	I2	I2(sin n)
1	22	190150	8.643,18	0,71	15,56
2	22	165441	7.878,14	0,73	16,08
3	26	240946	9.267,15	0,55	14,31
4	15	203378	13.558,53	0,95	14,29
5	25	313476	12.539,04	0,57	14,18
6	15	236021	15.734,73	0,99	14,83
7	22	135656	6.166,18	0,81	17,06
8	20	148973	7.448,65	0,84	16,83
9	19	238929	12.575,21	0,84	16,03
10	24	212835	8.892,83	0,51	12,19

Fuente: Elaboración propia.

La segunda forma es el cálculo de indicadores, son la distancia media ponderada de cada subcentros a los sistemas que conforman esta se calcula como multiplicando los valores de LTL de cada municipio con la distancia entre ellos y dividiendo los valores de la suma de los subcentros asociados y la cantidad de subcentros. Este indicador, denominado I2, se muestra en una segunda versión, donde se calcula la distancia funcional de cada municipio al set de subcentros sin normalizar por el número de subcentros de cada set.

Se observa que los modelos que presentan valores en este indicador más alto son los modelos de regresión exponencial, lo que se puede explicar por la forma de esta curva y como detecta municipios alejados y les otorga un residuo importante. Desde otro ángulo, los valores de los modelos gravitacionales, mientras en valor del modelo gravitatorio de flujos, presenta valores similares, el modelo de LTL, baja de forma importante, llegando a ser el menor de todos.

Respecto a los modelos vectoriales, estos presentan mayor valor de este indicador e todos los casos, a excepción del espacial donde es menor.

---

 Influencia de los subcentros metropolitanos en la estructura de los valores inmobiliarios y nuevos métodos de identificación
 

---

Al analizar las distribuciones de los flujos, como medida de eficiencia de cada una de las estimaciones de los subcentros, en la medida que esta curva acumulada sea más cercana a una curva de 45 grados, el set será eficiente, al contar con una selección de candidatos que captan, de forma significativa y sin asimetrías importantes, flujos del sistema metropolitano.

Tabla 13  
Percentiles de los flujos entrantes por cada set de subcentros

Set	Percentil						
	5	10	25	50	75	90	95
1	44	167	1179	4854	17642	21893	31574
2	44	167	1179	4854	16102	19813	22225
3	50	295	2017	7007	16102	21009	29452
4	2227	3636	6096	13032	18569	26800	26800
5	1373	4909	7401	10535	16569	20164	29982
6	4576	5768	10550	16344	18569	26800	26800
7	31	49	320	2200	11821	19813	22225
8	948	1368	1842	2949	14781	20168	22446
9	2172	4336	6951	12001	18541	23617	23617
10	791	1607	2494	6469	15635	22925	31178

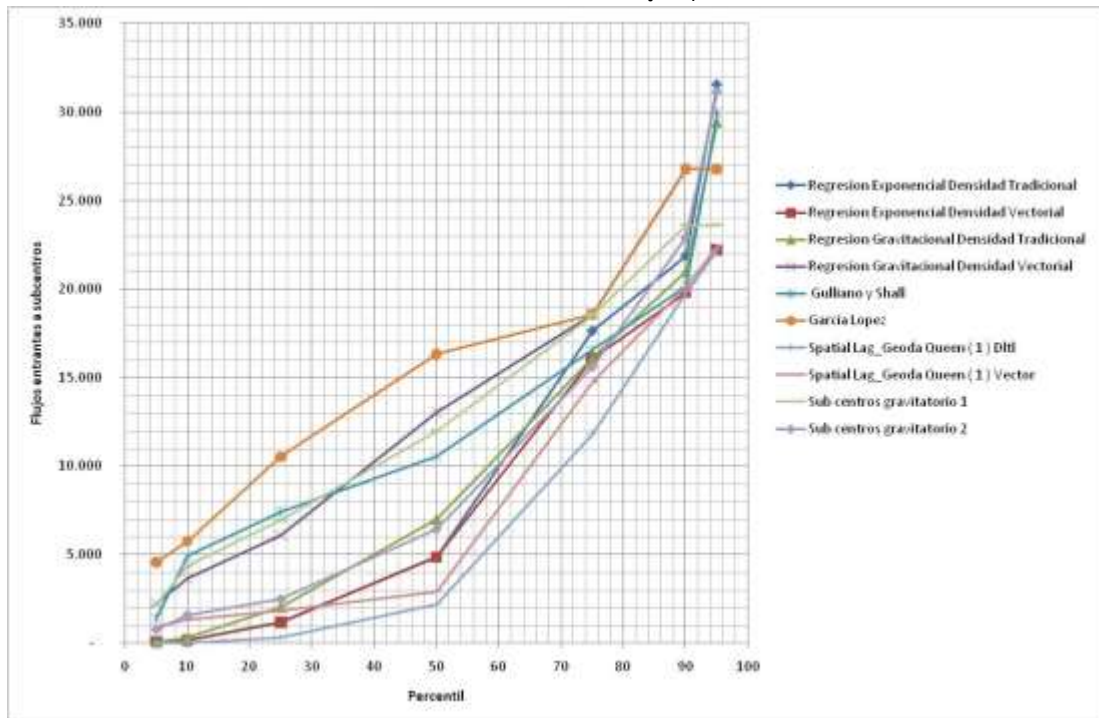
Fuente: Elaboración propia.

Al analizar las curvas, el set 6, (modelo de García López, de umbrales) es el que presenta mayor eficiencia en el cálculo de flujos, junto con el modelo de regresión exponencial gravitacional(set4). Es importante recalcar al igual que con los indicadores anteriores, los subcentros calculados por las regresiones espaciales, son particularmente malos en este indicador. Ahora, las distribuciones de las regresiones espaciales marcan un quiebre, en el percentil 50, modificando su curva de sedimentación. Quizás esto explique que esta selección al estar corregido el efecto de la auto correlación espacial, se separa en municipios de poca relevancia, pero anómalos desde la densidad, a otros más relevantes en términos metropolitanos y obviamente son anómalos en densidad. Este mismo fenómeno se desarrolla en los modelos de regresión paramétricos, solamente que el vector en el caso exponencial gravitacional, lo minimiza.

Los Vectores de densidad, funcionan de mejor forma en todos los casos, a excepción del exponencial logarítmico, por lo que no se puede ser concluyente con este valor.

Al hacer un análisis de las posiciones de los modelos respecto a los indicadores I1 e I2, se concluyen que el mejor modelo es el modelo gravitatorio, set 9, y después los sets 6 y 2.

Figura 5  
Distribuciones de los valores de flujos por set de subcentros.



Fuente: Elaboración propia.

### Impacto en los precios

La modelación del impacto en los precios, es sin duda la más compleja de las validaciones. Esto se debe principalmente a que, según la literatura, no existe una relación directa y es una hipótesis a probar que un modelo de subcentros eficientes explicaría los precios de forma más clara.

Para probar esta hipótesis, plantea generar un modelo de precios hedónicos en su forma general, en base una batería de variables asociadas a los vectores definidos como accesibilidad, ambientales urbanos y sociales. Se creó una base de datos según estos vectores coordinado información del censo y de superficies municipales según usos.

La aproximación de los valores residenciales se hace por dos vías, la primera, es la estimación de un modelo hedónico de valor de medio de la vivienda y un segundo en base a los valores promedios por tipo de vivienda separando por su antigüedad ya que se cuenta con información de valores de vivienda, en base a los datos de CATSA a nivel de municipio, donde se separa según la antigüedad de bien inmueble y se entrega un valor medio por comuna para viviendas nuevas y usadas.

En primer lugar, se calculan los valores de correlación entre las densidades, los precios por tipo, y la distancia a Barcelona. En ese sentido, podemos observar que todas las correlaciones son significativas, aunque, sus valores son menores en las densidades que en los precios.

Desde esa perspectiva, observamos que al graficar en tres dimensiones estos valores, las curvas de distancia, si bien cuentan con una gradiente negativa, de observan diferentes y de hecho, las distribuciones de cada conjunto de datos es diferentes y no normal.

Los valores de densidad y precios, están correlacionados de forma positiva, pero en sus valores se observan anomalías importantes. Por ejemplo, hay grandes zonas de baja densidad, pero de

precios medios, fuera de ello, las masas de trabajadores son bajas. En la figura 35, se observa al segmentar en 6 cuadrantes las relaciones entre la densidad y los precios medios, se puede observar en la gran cantidad de municipios en el cuadrante de baja densidad y medianos precios, además están marcados con azul que corresponde al percentil más bajo de LTL del sistema.

En la figura N° 35, se muestra en valor medio graduado y su relación espacial con los precios, están marcados en colores los subcentros más recurrentes en la identificación por distintas metodologías. Se observa un comportamiento radial de los valores, asociados a la distancia a Barcelona y no necesariamente a la cercanía a los subcentros.

#### Comparación de medias entre subcentros y no subcentros.

El primer análisis intenta probar la hipótesis de que los modelos de identificación permiten seleccionar municipios cuyos valores residenciales son estadísticamente distintos a los no seleccionados. Para cumplir con este análisis, se utilizará un análisis de varianza de un factor y un prueba no paramétrica de Wilcoxon-Mann-Whitney<sup>11</sup>.

---

<sup>11</sup> El test WMW, es una prueba no-paramétrica para determinar si dos muestras proceden de observaciones de la misma distribución. La hipótesis nula es que las dos muestras se tomen de una sola población, y por lo tanto, que sus distribuciones de probabilidad son iguales. Requiere las dos muestras a ser independiente, y las observaciones a ser ordinales o mediciones continuas, es decir, uno puede decir por lo menos, de dos observaciones, que es el mayor. En una formulación menos general, la Wilcoxon-Mann-Whitney de dos muestras de prueba pueden ser considerados como pruebas la hipótesis nula que la probabilidad de una observación de una población superior a una observación de la segunda población es de 0,5. .

**Tabla 14**  
ANOVA de un factor para cada set de subcentros

Set		Promedio	Varianza	Probabilidad	F	Valor crítico para F
1	Subcentros	1.083	61.574,	0,2247	1,4855	3,9006
	No Subcentros	1.159	74.933,			
2	Subcentros	1.100	70.051	0,3689	0,8119	3,9006
	No Subcentros	1.156	73.998			
3	Subcentros	1.208	77.479	0,2196	1,5187	3,9006
	No Subcentros	1.137	72.346			
4	Subcentros	1.289	37662	0,0341	4,5669	3,9006
	No Subcentros	1.134	75085			
5	Subcentros	1.343	29823	0,0341	16,8852	3,9006
	No Subcentros	1.112	73329			
6	Subcentros	1.374	27122	0,0018	10,0232	3,8955
	No Subcentros	1.148	73390			
7	Subcentros	1.057	49691	0,0878	2,9500	3,9006
	No Subcentros	1.163	75978			
8	Subcentros	1.181	64903	0,5630	0,3360	3,9006
	No Subcentros	1.144	74889			
9	Subcentros	1.261	37056	0,0522	3,8253	3,9006
	No Subcentros	1.133	76593			
10	Subcentros	1386	31.899	0,0001	16,5429	3,8931
	No Subcentros	1148	18.494			

Fuente: Elaboración propia

---

 Influencia de los subcentros metropolitanos en la estructura de los valores inmobiliarios y nuevos métodos de identificación
 

---

Los resultados del Anova, muestran que sólo los candidatos seleccionados en los sets, 4, 5, 6 y 10, son significativamente diferentes a los no seleccionados, en relación a su precio residencial medio, con lo cual estos métodos mostrarían su eficiencia en esta selección. Sin embargo, este análisis presupone una distribución normal, lo que no es asegurable en los conjuntos de candidatos a subcentros.

En la tabla Nº 26, se muestra los resultados para cada set, del test no paramétrico de WMW, mantiene las relaciones de igualdad que se había obtenido en la prueba Anova, además de rechazar la hipótesis nula de similitud para el set gravitatorio de flujos, por tanto, que los modelos más eficientes, para los precios, son el set exponencial gravitatorio, el de García López, Guliano y Small, y ambos gravitatorios.

Tabla 15  
Test de Wilcoxon-Mann-Whitney de un factor para cada set de subcentros

Set		Promedio	p-value	95% rango	
1	Subcentros	1115,40	0,3237	-1184,0	55,2
	No Subcentros	1153,50			
2	Subcentros	1115,40	0,5112	-169,8	78,8
	No Subcentros	1150,80			
3	Subcentros	1215,50	0,1244	-28,1	1202,4
	No Subcentros	1135,30			
4	Subcentros	1269,40	0,0175	31,6	295,7
	No Subcentros	1129,90			
5	Subcentros	1362,20	0,0000	146,2	337,1
	No Subcentros	1104,70			
6	Subcentros	1399,10	0,0005	109,9	346,7
	No Subcentros	1147,70			
7	Subcentros	1090,40	0,1181	-210,0	22,0
	No Subcentros	1153,50			
8	Subcentros	1153,90	0,7255	-210,0	22,0
	No Subcentros	1144,70			
9	Subcentros	1242,70	0,0231	19,1	243,6
	No Subcentros	1120,40			
10	Subcentros	1399,10	0,0000	135,8	345,6
	No Subcentros	1147,70			

Fuente: Elaboración propia

La regresión de precios, se desarrolló con base en el modelo hedónico identificado en la literatura, o sea de tres vectores generales, el primero de condiciones de accesibilidad, el segundo de externalidades de ambientales urbanas y un tercero de condiciones socioeconómicas. Para el primer vector, de accesibilidad, se contó con la base de distancias entre municipios utilizada en los modelos de identificación, para el segundo vector, se contó con la información recolectada del censo de 2001, estipulada por condiciones de la edificación, en



porcentaje para cada municipio, y las superficies obtenidas de las bases de datos de CPSV12, por último las condiciones sociales de estipularon en base a los valores de Estratos socioculturales de LTL, por Porcentaje del censo(educación y ocupación), del Censo y los valores de rentas proporcionados por el CPSV.

Como muchos de estos valores se encuentran con una alta correlación, se realizan análisis factoriales para sintetizar lo más posible la información de los vectores sociales, reduciendo las variables a las que se muestran en la tabla 16. el procedimiento corresponderá a estimar una regresión base asociada en la accesibilidad solamente a la distancia a Barcelona, se elegirán las variables de esta regresión base mediante un procedimiento de regresión paso a paso<sup>13</sup>. En ellos, para dos variable dependientes, el precio y e logaritmo del precio, seleccionando el de mayor poder explicativo. Al aplicar este procedimiento, se estimó la regresión hedónica que se presenta a continuación, la cual se acepta dado que sus estadígrafos son aceptables. Sin embargo, se observa que el modelo, a pesar de no tener multicolinealidad, está en el límite de tenerla.

Tabla 16  
Sumario del modelo de regresión base

R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>		Std. Error	sig	Durbin-Watson
		Ajustado				
.863	.745	.735		142.053	.000	2.086

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17  
ANOVA

	Suma de los cuadrados	Grados de libertad	Suma de cuadrados	F	SIG
Regresión	9084145.192	6	1514024.199	75.029	.000(a)
Residuos	3107606.401	154	20179.262		
Total	12191751.593	160			

Fuente: Elaboración propia

<sup>12</sup> Se agradece a Claudia Pérez y a Jorge Cerda, doctorandos del CPSV,, por su ayuda en este punto y en muchos más.

<sup>13</sup> Stepwise, comienza como el de introducción progresiva, pero en cada etapa se plantea si todas las variables introducidas deben de permanecer, hasta que no sale ni entra ninguna en base a la regla que se impone, en este caso corresponde a la significancia y al aumento del ajuste.

Tabla 18

Coeficientes de la regresión y diagnósticos de significancia y multicolinealidad

	Coeficientes no estandarizado					Pruebas de multicolinealidad	
	B	Std. Error	Beta	t	Sig.	Tolerance	VIF
(Constant)	1412.956	44.64		31.652	.000		
Distancia a Barcelona	-8.287	1.08	-.459	-7.635	.000	.457	1.896
Componente 1 Socio profesional	88.551	14.14	.321	6.261	.000	.630	1.586
Zona de Costa	178.383	32.67	.246	5.460	.000	.817	1.223
Equipamiento por superficie municipal	8.731	5.78	.081	1.510	.133	.580	1.724
Componente 1_LTL por tipos	37.221	15.84	.134	2.349	.020	.506	1.974

Fuente: Elaboración propia

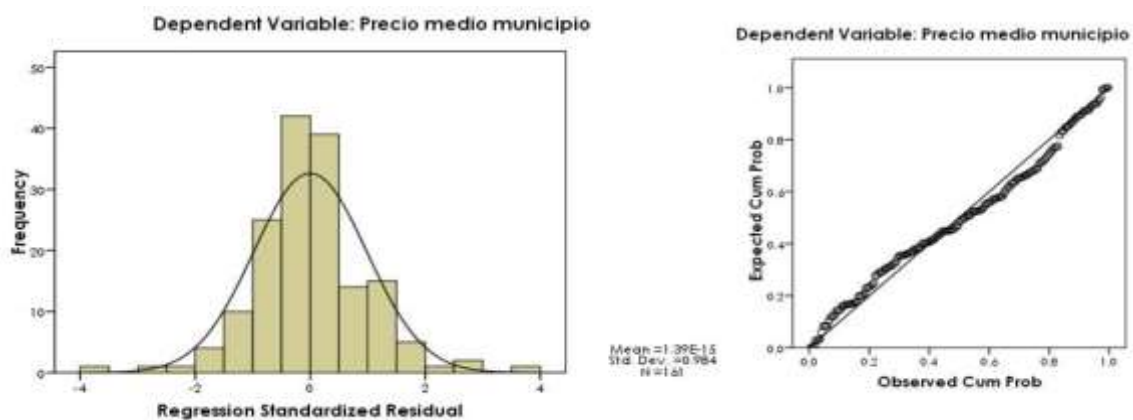
Tabla 19

Estadísticas de residuos.

	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Std.	N
Predicted Value	610.9688	1946.0972	1155.6695	238.27696	161
Residual	-475.92838	547.69574	.00000	139.36477	161
Std. Predicted Value	-2.286	3.317	.000	1.000	161
Std. Residual	-3.350	3.856	.000	.981	161

Figuras Nº 6

Histogramas y distribución de los residuos.



Fuente: Elaboración propia

A este modelo se le ha agregado los valores de distancias mínimas a cada set de subcentros, para probar la hipótesis de que se mejorarían los valores de ajuste, y que los coeficientes son significativos. Estos se resumen en la tabla 19, donde se observa que la mayoría de las regresiones empeoran o en su defecto sus valores no son significativos. Entre paréntesis, debajo de cada uno de los coeficientes, se muestran la “t values” (significancia), que corresponden a la significancia estadística de los coeficientes.

El set 4 es más robusto ya que aumenta el ajuste y además ambos coeficientes y la constante son significativos. El segundo set que mas ajusta es el set 10 y el 6, pero ambos presentan problemas de multicolinealidad en para la distancia mínima.

Tabla 19  
Resumen de modelos por set

	R <sup>2</sup>	Constante k	Distancia a BCN $\beta$	Distancia Mínima $\beta_1$	Test de multicolinealidad Para distancia mínima
<b>Base Inicial</b>	0.735	1399.481 (36,893)	7.49 (-6,787)	0 -	- -
<b>Set1</b>	0.734	1396.36 (33,873)	-7.50 (-6,769)	0.367 (0,196)	VIF= 1.572 Tolerancia=0.636
<b>Set2</b>	0.734	1394.62 (33,85)	-7.50 (-6,733)	0.575 (0,308)	VIF= 1.569 Tolerancia=0.637
<b>Set3</b>	0.734	1394.50 (35,047)	7.551 (-6,776)	0.852 (0,465)	VIF= 1.720 Tolerancia=0.581
<b>Set4</b>	0.746	1412.93 (35,101)	7.41 (-6,699)	-1.47 (-1,999)	VIF= 1.033 Tolerancia=0.968
<b>Set5</b>	0.737	1324.23 (29,095)	-6.82 (-6,183)	5.59 (2,852)	VIF= 11.40 Tolerancia=0.877
<b>Set6</b>	0.740	1399.00 (37,213)	-5.93 (-4,388)	-3.82 (-1,954)	VIF= 2.831 Tolerancia=0.353
<b>Set7</b>	0.735	1374.01 (28,871)	-7.25 (-6,384)	1.63 0.887	VIF= 1.210 Tolerancia=0.826
<b>Set8</b>	0.737	1324.24 (29,096)	-6.82 (-6,183)	5.59 (2,853)	VIF= 1.140 Tolerancia=0.877
<b>Set9</b>	0.738	1387.08 (30,584)	-8.07 (-6,965)	3.14 (1,571)	VIF= 1.502 Tolerancia=0.666
<b>Set10</b>	0.742	1400.62 (35,263)	-7.45 (-6,402)	-0.19 (-0,1)	VIF= 2.141 Tolerancia=0.467

Fuente: Elaboración propia

La mayoría de los modelos presentan multicolinealidad, lo que desde ya es problemático para realizar las estimaciones, dado que la eficiencia de sus estimadores, como así para la representatividad de la regresión. Una de las hipótesis del modelo de regresión lineal múltiple

establece que no existe relación lineal exacta entre las covariables, o, en otras palabras, establece que no existe multicolinealidad perfecta en el modelo. Esta hipótesis es necesaria para el cálculo del vector de estimador mínimo cuadráticos, ya que en caso contrario la matriz de regresores será no singular. La multicolinealidad perfecta no se suele presentar en la práctica, salvo que se diseñe mal el modelo como veremos en el epígrafe siguiente. En cambio, sí es frecuente que entre los regresores exista una relación aproximadamente lineal, en cuyo caso los estimadores que se obtengan serán en general poco precisos, aunque siguen conservando la propiedad de lineales, insesgados y óptimos. En otras palabras, la relación entre regresores hace que sea difícil cuantificar con precisión el efecto que cada regresor ejerce sobre el regresando, lo que determina que las varianzas de los estimadores sean elevadas. Cuando se presenta una relación aproximadamente lineal entre los regresores, se dice que existe multicolinealidad no perfecta. Es importante señalar que el problema de multicolinealidad, en mayor o menor grado, se plantea porque no existe información suficiente para conseguir una estimación precisa de los parámetros del modelo.

Es por eso que se construyó un modelo de distancias ponderadas. (Anexo 3), sin embargo, ellos tampoco fueron eficientes y de hecho empeoró más la situación de multicolinealidad.

Buscando obtener los valores para el test de los modelos, se exploró la generación de regresiones espaciales, en base a tres estructuras, la primera es la de OLS<sup>14</sup> ponderados, un modelo de Spatial Lag y un modelo de Error Espacial, todos en contigüidad Queen 1.

El modelo de OSL ponderado, mejora los ajustes medidos en  $r^2$  ajustado de la regresión, sin embargo, aparecen los mismos problemas de multicolinealidad, por aumento del ajuste y el cambio de signos para los coeficientes de la distancia mínima. En cambio, los modelos de Spatial Lag y Spatial Error, al incorporar otras formas de ver la regresión, permiten desarrollar análisis más profundo.

En la tabla 34 se observa los modelos mejoran al estimarse las regresiones espaciales, tanto los Spatial Lag, como los de Spatial Error.

Esto se debe específicamente a la mejora que introduce la reducción de la autocorrelación espacial de los valores de precios inmobiliarios.

---

<sup>14</sup> Mínimos cuadrados ordinarios, en su acrónimo en Inglés

Tabla 20  
Resumen de modelos por set, regresión por OLS ponderados. Queen 1

		R <sup>2</sup>	Constante k	Distancia A BCN $\beta$	Distancia minima $\beta_1$	dif de r <sup>2</sup> $\Delta$
<b>Base Inicial Modelo</b>	<b>Regresion Sin Subcentros</b>	0.735	1399.48	-7.488	-	-
<b>Base Inicial OLS Ponderada</b>	<b>Regresion Sin Subcentros</b>	0.7433	1396.41	-7.498	0.3699	-
<b>Set1</b>	<b>Regresion Exp_DTL</b>	0.7444	1396.40	-7.499	0.3699	0.0101
<b>Set2</b>	<b>Regresion Exp_Vector</b>	0.7440	1394.66	-7.050	0.5771	0.0097
<b>Set3</b>	<b>Regresion Grav_DTL</b>	0.7443	1394.09	-7.555	0.8566	0.0100
<b>Set4</b>	<b>Regresion Grav_Vector</b>	0.7456	1413.02	-7.4120	-1.469	0.011
<b>Set5</b>	<b>Guliano y Small</b>	0.7567	1324.22	-6.8263	5.597	0.022
<b>Set6</b>	<b>García López</b>	0.7501	1399.07	-5.9377	-3.815	0.016
<b>Set7</b>	<b>RS Spatial Lag Quenn1 DTL</b>	0.7452	1374.02	-7.2590	1.633	0.011
<b>Set8</b>	<b>RS Spatial Lag Quenn1 Vector</b>	0.7569	1324.23	-6.8260	5.596	0.023
<b>Set9</b>	<b>Gravitacional Flujos</b>	0.7480	1387.13	-8.0719	3.148	0.014
<b>Set10</b>	<b>Gravitacional LTL</b>	0.7440	1400.67	-7.4561	-0.019	0.010

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21  
Resumen de modelos por set, regresión por Spatial Lag. Queen1

		R <sup>2</sup>	Constante k	Distancia A BCN $\beta$	Distancia minima $\beta_1$	Z moran Distancia minima	W
<b>Base Inicial Modelo</b>	<b>Regresion Sin Subcentros</b>	0.735	1399.48	-7.488	-	-	-
<b>Base Inicial Spatial Lag</b>	<b>Regresion Sin Subcentros</b>	0.8488	479.21	-0.4321	-	-	0.5973
<b>Set1</b>	<b>Regresion Exp_DTL</b>	0.8501	478.74	-0.3132	1.361	-0.953	0.6050
<b>Set2</b>	<b>Regresion Exp_Vector</b>	0.8498	478.49	-0.3267	-1.215	-0.8503	0.6040
<b>Set3</b>	<b>Regresion Grav_DTL</b>	0.8496	4.75.67	-0.2787	-1.031	-0.7368	0.6040
<b>Set4</b>	<b>Regresion Grav_Vector</b>	0.8490	488.86	-0.4270	-0.640	-0.5668	0.5949
<b>Set5</b>	<b>Guliano y Small</b>	0.8487	484.89	-0.4555	1.290	0.406	0.5824
<b>Set6</b>	<b>García López</b>	0.8511	490.06	0.5237	-2.557	-1.674	0.5901
<b>Set7</b>	<b>RS Spatial Lag Quenn1 DTL</b>	0.8489	480.29	-0.4446	1.602	-0.113	0.5983
<b>Set8</b>	<b>RS Spatial Lag Quenn1 Vector</b>	0.8487	484.89	-0.4555	-1.290	0.831	0.5824
<b>Set9</b>	<b>Gravitacional Flujos</b>	0.8491	474.91	-0.3128	-0.402	-0.259	0.6012
<b>Set10</b>	<b>Gravitacional LTL</b>	0.8488	479.83	-0.4141	-0.097	-0.066	0.5973

Fuente: Elaboración propia

---

 Influencia de los subcentros metropolitanos en la estructura de los valores inmobiliarios y nuevos métodos de identificación
 

---

Asimismo, podemos observar el aumento en los ajustes, al modifican los valores mediante los factores de corrección, los  $w$ , o coeficiente de corrección, en el caso de los Spatial Lag y factor de corrección de los residuos  $\lambda$  (2), en el caso de los Spatial error.

En el caso de Spatial Lag, no son significativos los valores de los modelos 1, 5 y 7 y en el caso de los Spatial Error, quedan todos los modelos aceptados, pero presenta multicolinealidad el set 6.

Tabla 22  
Resumen de modelos por set, regresión por Spatial Error, Queen1

		Constante	Distancia A BCN	Distancia mínima	Z moran Distancia mínima	Lambda	
		R2	k	(2)	(2)(2)	(2)	
<b>Base Inicial Modelo</b>	<b>Regresion Sin Subcentros</b>	0.735	1399.48	-7.488	-	-	-
<b>Base Inicial Spatialerror</b>	<b>Regresion Sin Subcentros</b>	0.8381	1351.27	-5.8562	-	-	0.689
<b>Set1</b>	<b>Regresion Exp_DLTl</b>	0.8404	1357.65	-5.4581	-2.166	-1.1510	0.702
<b>Set2</b>	<b>Regresion Exp_Vector</b>	0.8402	1357.53	-5.4809	-2.098	-1.1150	0.7019
<b>Set3</b>	<b>Regresion Grav_DLTl</b>	0.8420	1348.28	-4.9773	-2.974	-1.4430	0.7151
<b>Set4</b>	<b>Regresion Grav_Vector</b>	0.8382	1357.55	-5.8282	-0.623	-0.5624	0.6863
<b>Set5</b>	<b>Guliano y Small</b>	0.8386	1352.89	-5.7879	-0.406	-0.2178	0.6954
<b>Set6</b>	<b>García López</b>	0.8457	1343.10	-3.1152	-6.033	-2.711	0.6963
<b>Set7</b>	<b>RS Spatial Lag Quenn1 DLTl</b>	0.8421	1364.30	-5.3917	-2.582	-1.315	0.7217
<b>Set8</b>	<b>RS Spatial Lag Quenn1 Vector</b>	0.8386	1352.88	-5.7881	-0.045	-0.217	0.0662
<b>Set9</b>	<b>Gravitacional Flujos</b>	0.8410	1344.25	-4.9395	-2.271	-1.002	0.7163
<b>Set10</b>	<b>Gravitacional LTL</b>	0.8405	1353.31	-4.8635	-2.952	-1.287	0.6988

Fuente: Elaboración propia

Si se analiza los valores de corrección y el aumento de los ajustes de la regresión, en ejes ortogonales, con lo cual sería posible establecer cuál o cuáles son los sets de subcentros son más eficientes en su selección eficiente reflejada en que requieren de una menor corrección para explicar los precios. En ese sentido, se muestra que los modelos de densidad vectorial son lo que de mejor forma explican los precios promedio, en particular el set de la regresión exponencial gravitacional, numero 4.

Figura N° 7  
Factor de corrección y ajuste de regresiones según Spatial lag

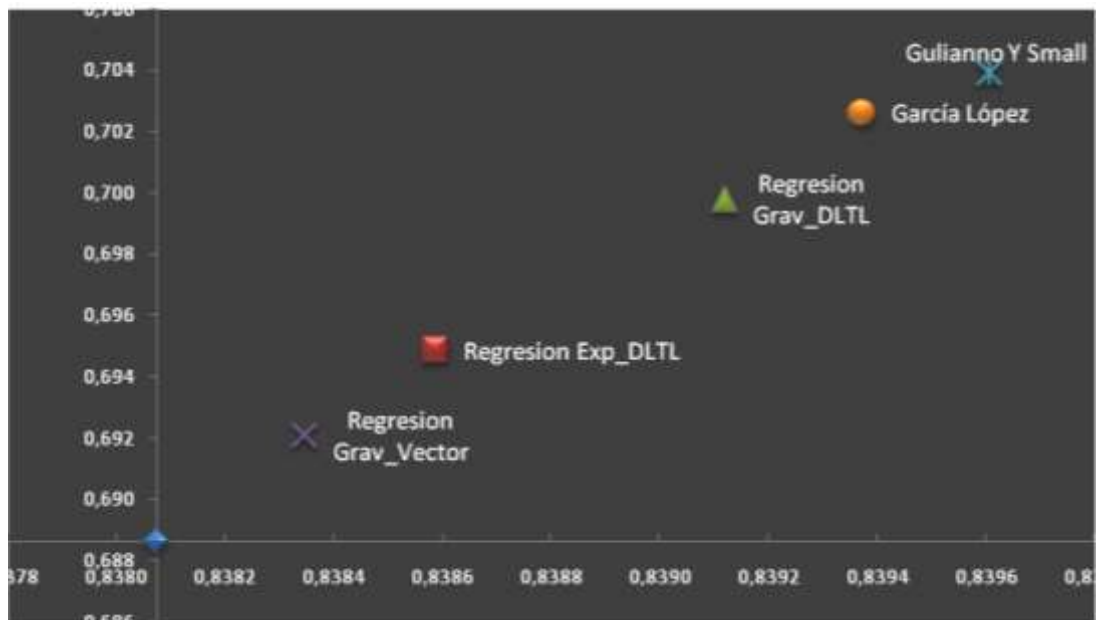


Figura N° 8  
Factor de ponderación de los residuos y ajuste de regresiones según Spatial error



Conclusiones:

La identificación y selección de los subcentros urbanos en un ámbito metropolitano, debe contar de diversas dimensiones, y ser observado desde todas ellas, para establecer una interpretación de la realidad, que en muchos casos no se ajusta principios, preceptos y simplificaciones con las cuales cuentan las ciencias sociales. Según el modelo de Alonso y Mills, la ubicación de estos centros laborales define en la estructuras de las rentas del suelo en un entorno urbano, el trabajo de Muth, lo relaciona con la densidad de trabajadores y genera el modelo exponencial negativo, ampliamente utilizado en la literatura

La investigación buscó desarrollar una propuesta de clasificación de modelos de identificación basada en la definición de subcentros y no en las metodologías existentes. Esta propuesta se explicita en el capítulo III, junto con una manera separada e integrada de análisis. Además identificó los subcentros laborales, en base a las metodologías planteadas y aplicó un método de validación en base a tres ejes, la explicación de la densidad de los vecinos, la movilidad o su capacidad de estructurar flujos y viajes, y por ultimo su impacto en los precios de situación de la vivienda.

En el caso e estudio, la región metropolitana de Barcelona arroja la aprobación de las hipótesis planteadas, aunque no de manera categórica. En primer lugar, la hipótesis número 1, Densidad Vectorial es más eficaz y eficiente en la determinación de subcentros metropolitanos, muestra que es verdadera en los modelos exponenciales gravitatorios y los modelos espaciales, por lo cual se aprueba. Sin embargo, el modelo clásico de regresión exponencial logarítmica, su diferencia no es mayor y de hecho funciona casi de manera equivalente al modelo de densidad tradicional.

Respecto a la hipótesis 2, en el cual se expresaba que los modelos de movilidad serán lo suficientemente robustos para permitir la validación de los candidatos a subcentros. Se muestra muy claro en el caso de los indicadores de flujos, pero en el caso de la interacción no es muy claro. El proceso en el cual los modelos espaciales seleccionan anomalías en pequeños municipios, pero que a su vez, son mini subcentros respecto a su entorno, incorpora valores de interacción que hacen difícil su interpretación.

Además, los modelos gravitatorios, presentan buenos resultados en la interpretación de los precios, aunque no son los mejores.

Para la hipótesis 3, que enunciaba que Valores de viviendas tiene relación con las distancias o accesibilidades a los subcentros y por tanto, puede medir la eficiencia de un grupo de candidatos a subcentro, es la hipótesis controvertida, ya que de apropiada pueden establecer una relación de validación de los subcentros urbanos, pero las segmentación de los mercados de la vivienda y por ende su cambio en los atributos de la vivienda, mas allá de su ubicación, en el micro y macro entorno, han de jugar un papel decisivo en el precio. Además el caso de estudio presenta una correlación entre las variables y la distancia Barcelona con lo cual, la mayoría de los modelos son rechazados por multicolinealidad, sin embargo, los modelos que se aceptan y que se presentan mejores, son consecuentes con las validaciones anteriores, por lo cual, se estima que son los más robustos.



En ese sentido y para la región metropolitana de Barcelona se ha identificado un set de 15 subcentros, correspondiente a los residuos positivos de una regresión paramétrica exponencial negativa. Este set, demuestra ser el más eficaz en términos generales, al explicar los mantos, la movilidad y los precios.

Mención especial se debe hacer para identificación de subcentros en base a la generación de sistemas y protosistemas, situación que esta investigación no ha tratado y se considera una alternativa para futuras investigaciones.

De los otros modelos que se identificaron, los métodos de umbrales resultaron particularmente fáciles de utilizar, pero sus puntos de corte depende su eficacia, por lo cual resulta interesante buscar un método para establecer estos puntos, más allá de las referencias anteriores.

Al contrario, lo modelos más complejos de implementar y a su vez de interpretar, espaciales, resultan particularmente atractivos en sus resultados e interpretación, dada la riqueza de sus métodos y resultados.

Mención aparte resulta de los modelos gravitatorios, ya que en ellos la calibración de los estimadores resulto clave. De hecho en esta investigación solo se muestran dos de los resultados ya que se probó con más calibraciones, pero por su difícil interpretación, como también por su situación exploración inicial, no fueron consideradas para su análisis.

## Bibliografía

ALONSO, William. *Location and Land Use*, 1th Edition, Cambridge, Mass., Harvard University Press. 1964. 216 p.

AGUIRRE, Carlos y MARMOLEJO, Carlos. *Impacto del policéntrismo sobre la distribución espacial de los valores inmobiliarios: Un análisis para la Región Metropolitana de Barcelona*. En: Revista de la Construcción, (Forthcoming), 2009.

AGUIRRE, C., RAMOS, R., *Impacto del ruido urbano en el valor de los departamentos nuevos: un estudio de precio hedónico aplicado a bienes ambientales*. En: Revista de la Construcción, 4(1): 59-69, 2005.

BERTAUD, Alain. *The Spatial Organization of Cities: Deliberate Outcome or Unforeseen Consequence? World Development Report, Dynamic Development in a Sustainable World*. [En línea] [fecha consulta, 23 de abril de 2008]. Disponible en: <http://alain-bertaud.com/>.

BURNS, Malcom; MOIX, Montse y ROCA, Josep. *Contrasting Indications of Polycentrism within Spain's Metropolitan Urban Regions*. En: European Estate Society Conference (8<sup>th</sup>, Alicante, España). pp: 456-470.

COOMBES, M., OPENSHAW, S. *The use and definition of travel-to-work areas in Great Britain: some comments*". En: Regional Studies, (16): 141-149, 1982.

CRAIG, S.G. y NG, P.T. *Using Quantile Smoothing Splines to Identify Employment Subcentres in a Multicentric Urban Area*. En: Journal of Urban Economics, (49): 100-120, 2001.

FUJITA, Masahisa; KRUGMAN, Paul y VENABLES, Anthony. *Economía Espacial, Las ciudades, las regiones y comercio internacional*". 1ª Edición, Barcelona, Ariel Economía, 2000. 363 p.

GARCÍA-LÓPEZ, Miguel Ángel. *Estructura Espacial del Empleo y Economías de Aglomeración: El Caso de la Industria de la Región Metropolitana de Barcelona*. En: Architecture, City & Environment, II (4): 519-553, 2007.

GIULIANO, Genevieve y SMALL, Kennet A. *Subcenters in Los Angeles Region*. En: Regional Science and Urban Economics, (21): 163-182. 1991.

GORDON, Peter y RICHARSON, H.W. *Beyond Polycentricity. The Dispersed Metropolis, Los Angeles, 1970-1990*. En: Journal of the American Planning Association, 62 (3): 289-295, 1996.

HEIKKILA, E., GORDON, P., KIM, J.I., PEISER, B., RICHARDSON, H.W. y DALE-JOHNSON, D. *What happened to the CBD-Distance Gradient?: land values in a polycentric city*. En: Environment and Planning A, (21): 221-232, 1989.

MARMOLEJO, Carlos y ROCA, Josep. *Hacia un modelo teórico del comportamiento espacial de las actividades de oficina*. En: Scripta Nova. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales, X (217), 2006.

MCDONALD, John F. *The Identification of Urban Employment Subcenters*. En: Journal of Urban Economics, (21): 242-258, 1987.

MCDONALD, John F. y MCMILLEN, Daniel P. *Employment Subcenters and Land Values in a Polycentric Urban Area: the Case of Chicago*. En: Environment and Planning A, (22): 1561- 1574, 1990.

MCDONALD, John F. y MCMILLEN, Daniel P. *Land values, land use, and the first Chicago Zoning Ordinance*. En: Journal of Real Estate Finance and Economics, 16 (2): 135-150, 1998.

MCDONALD, John F. y MCMILLEN, Daniel P. *Urban economics and real estate: theory and policy*. 1ª Edición. Boston, USA, Blackwell, Malden MA, 2007. 640 p.

MCMILLEN, Daniel P. *Identifying Subcentres Using Contiguity Matrices*. En: Urban Studies, 40 (3): 57-69, 2003.

MCMILLEN, Daniel P. *Non-Parametric Employment Subcenter Identification*. En: Journal of Urban Economics, (50): 448-473, 2001.

MCMILLEN, Daniel P. *One Hundred Fifty Years of Land Values in Chicago: A Nonparametric Approach*. En: Journal of Urban Economics, (40): 100-124, 1996.

MCMILLEN, Daniel P. y MCDONALD, John F. *A Nonparametric Analysis of Employment Density in a Polycentric City*. En: Journal of Regional Science, (37): 591-612. 1997.

MUÑIZ, Iván. *¿Es Barcelona una ciudad policéntrica?* [En línea]. Working Paper 03.09, Departamento de Economía Aplicada, UAB. 2003. [Fecha de consulta: 12 de marzo de 2008]. Disponible en: <http://www.ecap.uab.es>

MUÑIZ, Iván y GALINDO, Ana. *Descentralisation, integration and polycentrism in Barcelona*. [En línea]. Working paper 05.12, Departamento de Economía Aplicada,

---

Influencia de los subcentros metropolitanos en la estructura de los valores inmobiliarios y nuevos métodos de identificación

UAB, 2003. [Fecha de consulta: 12 de marzo de 2008]. Disponible en: <http://www.ecap.uab.es>

MUÑIZ, Iván; GALINDO, Ana y GARCIA, Miguel Angel. *Cubic spline population Density functions and satellite city delimitation: The case of Barcelona*. En: Urban studies, (40): 1303- 1321.

MUTH, R. *Cities and Housing: The Spatial Pattern of Urban Residential Land Use*. Chicago, Illinois, USA, University of Chicago, 1969. 355 p.

ROCA, Josep. *La Estructura de valores urbanos un análisis teórico-empírico*, 1ª Edición. Madrid, Instituto de Estudios de Administración Local, 1988. 320 p.

ROCA, Josep; MARMOLEJO, Carlos y MOIX, Montserrat. *Estructura Urbana y Policentrismo. Hacia una redefinición del concepto*. En: Urban studies, (Forthcoming), 2010.

ROCA, Josep y MOIX, Montserrat. *Cap a una nova organització territorial de Catalunya*. Research paper 5-2004. Barcelona, Centro de Política de Suelo y Valoraciones, Universidad Politécnica de Cataluña, 2004.

REDFEARN, Chistian L. *The Topography of Metropolitan Employment: Identifying Centers of Employment in a Polycentric Urban Area*". En: Journal of Urban Economics, (61): 519-561, 2007.

SHEARMUR, Richard y COFFEY, William. *A Tale of Four Cities: Intrametropolitan Employment Distribution in Toronto, Montreal, Vancouver, and Ottawa-Hull, 1981-1996*. En: Environment and Planning A, (34): 575-598, 2002.

Publicación:	Policentrismo en el sistema urbano español: un análisis para 7 áreas metropolitanas	
Código	<b>A4</b>	
Autor	Carlos Marmolejo Duarte, Jaume Masip Tresserra Carlos Aguirre Núñez	
Año	2013	
Consideraciones	Revista	Ciudad y Territorio
	Paginas	1-20

## Resumen

El crecimiento de los sistemas urbanos, su reestructuración económica y el abatimiento de los costes de transporte han generado un nuevo panorama metropolitano en donde la dispersión y el policentrismo han ganado fuelle en detrimento del monocentrismo. En este artículo se estudia la estructura de las siete principales áreas metropolitanas en España con el objeto de saber hasta qué punto el policentrismo es el patrón dominante en la distribución de su actividad económica y población. Para ello se detectan potenciales subcentros dentro de cada área metropolitana con el concurso de las técnicas basadas en el análisis de la densidad laboral y en los flujos residencia-trabajo. Los resultados sugieren una acusada divergencia en dónde Barcelona, Valencia y Bilbao destacan como los sistemas más policéntricos, al tiempo que Madrid, Sevilla y Zaragoza son los menos policéntricos; Málaga es un caso excepcional, porque pocos subcentros concentran una importante cuota de actividad económica. Asimismo, cuanto más polinucleadas son las áreas metropolitanas mayor es su complejidad, entendida ésta como el nivel de dependencia indirecta de cada municipio con el centro metropolitano, lo que podría sugerir modelos más sostenibles en cuanto al abatimiento del tiempo y gasto energético de transporte.

## Abstract

The recent growth of urban systems, their economic restructuring and the reduction of transport costs have generated a new metropolitan paradigm in which urban sprawl and polycentrism are gaining share again monocentrism. In this paper the structure of the 7 biggest metropolitan areas is studied, in order to know whether polycentrism is the dominant pattern in the distribution of both employment and population. Using methods based on travel-to-work data and employment density potential subcentres are identified. The results suggest a clear difference on the structure of urban areas: Barcelona, Valencia and Bilbao stand out as the most polycentric urban systems, and Madrid, Seville and Zaragoza the least polycentric; Málaga is an exceptional case, due in few subcentres do concentrate a relatively important share of employment. Furthermore, the bigger is the polynucleated structure of urban systems, the bigger is their complexity, understanding such a complexity as the level of direct dependence of each metropolitan municipality and its respective centre, that might suggest, for the case of more complex and polycentric systems, a high level of sustainability, both in terms of time spent on commuting and dissipated energy.

## Introducción

Los cambios acaecidos en las áreas metropolitanas caracterizados por la dispersión y la descentralización concentrada del empleo y la población (Dematteis, 1998) han incentivado la creación de una línea de investigación multidisciplinar basada en el estudio del policentrismo. El tema reviste de un gran interés por cuanto un sistema perfectamente policéntrico podría ofrecer dos de las principales ventajas de los sistemas urbanos: la presencia de economías de aglomeración, que se capitalizan en rendimientos crecientes para las empresas, y el abatimiento de los costes de transporte (el tiempo incluido) que redundaría en una reducción de los salarios y la renta del suelo (McMillen & Smith, 2003; McMillen, 2003a; McDonald, 2009). Además, dicho modelo urbano conllevaría beneficios sociales y ambientales derivados de una mejora en la planificación del transporte (McMillen, 2001b) y una optimización de la movilidad (Gordon *et al.*, 1986) en el caso de que la red estuviese diseñada para conectar los subcentros entre sí y con su hinterland (McMillen, *Op. Cit.*). Así, desde una perspectiva teórica, los sistemas policéntricos ofrecerían los beneficios de las ciudades medianas y grandes al combinar las ventajas de las ciudades tradicionales centralizadas con una configuración espacial descentralizada (McMillen, 2003a). Quizá por estas y otras razones, La Perspectiva Europea de Ordenación Territorial (*European Spatial Development Perspective*) acordada en 1999 propone, al igual que otros tantos instrumentos de ordenación territorial, la promoción del policentrismo como una política central de la Unión Europea. Así, a escala continental el policentrismo es entendido como la incentivación de nuevas centralidades fuera del así llamado “pentágono<sup>15</sup>”, mientras que a escala regional, la noción del policentrismo está asociada a favorecer la descentralización concentrada desde las ciudades centrales a otras emergentes vinculadas funcionalmente a las primeras con independencia de su contigüidad espacial.

En España existe un número creciente de estudios que han mensurado el policentrismo en diferentes áreas metropolitanas, sin embargo, pocos han utilizado una misma metodología y fuentes de información de manera sincrónica. *El objetivo de este artículo es, a partir de una misma aproximación metodológica y con una misma fuente de información, analizar: 1) hasta qué punto la localización de la actividad y la población de las principales áreas metropolitanas españolas responde a un patrón policéntrico, y 2) cuán compleja resulta su estructura en términos de dependencia de los municipios con la ciudad central.*

El resto del artículo se estructura así: 1) primero se presenta de manera muy breve la teoría subyacente en la formación de sistemas policéntricos; 2) a continuación se discuten los métodos utilizados en la literatura para detectar límites y subcentros metropolitanos; 3) enseguida se presentan los ámbitos estudiados, los métodos utilizados y las fuentes de información; 4) luego se presentan los resultados que permiten caracterizar la estructura de las áreas metropolitanas y su nivel de complejidad territorial, y 5) en las conclusiones los resultados son puestos en perspectiva.

---

<sup>15</sup> Definido en sus vértices por las metrópolis de Londres, París, Milán, Múnich y Hamburgo.

## 1. Procesos que derivan en sistemas policéntricos

El modelo estándar de la economía urbana (MSEU) tal y como fue acuñado por Alonso (1964) y Mills (1967) con raíces en el trabajo pionero de Thünen (1826) y Launhardt (1885) es el ápice teórico detrás de la formación de densidades. Dicho modelo, originalmente concebido teniendo en mente un sistema monocéntrico, explica que para alcanzar el equilibrio locacional los hogares pujan por el suelo en función de los gastos ahorrados en el transporte. De tal suerte que cuanto más cercana al centro (en dónde se asume se encuentra localizada toda la actividad económica) es la localización del lugar de residencia de la población empleada mayor es la renta transferida al suelo (lo que se capitaliza en precios más altos), de esta manera emerge una gradiente de precio del suelo. Es precisamente la existencia de dicha gradiente de precios lo que subyace detrás de la formación de la función de densidad en el escenario de un mercado competitivo. Así, en el sistema monocéntrico la mayor parte del empleo (y los servicios) se concentran en el centro, al tiempo que la periferia concentra vivienda de baja densidad en tanto que el precio del suelo decrece a medida que incrementa la distancia al distrito de negocios central (CBD en sus siglas inglesas).

Si el modelo de la ciudad monocéntrica se reformula por tal de introducir la existencia no sólo de economías de aglomeración (i.e. de escala, localización y urbanización) que mantiene la actividad económica concentrada en un sitio, sino también de economías de desaglomeración (p.e. costes externos originados por la congestión) que inducen procesos de descentralización (Henderson *et al.* 2000), es posible obtener un sistema policéntrico (White, 1976). Sobre todo si también se considera un abatimiento de los costes de movilidad y una ubicuidad de los sistemas de transporte (Gordon & Richardson, 1996). De esta manera el policentrismo puede emerger como resultado de un proceso de descentralización concentrada desde el CBD en dicho modelo las economías de aglomeración existen (explicando por qué se forman los subcentros) pero las deseconomías de aglomeración evitan que el centro metropolitano continúe creciendo.

Otro proceso que deriva en policentrismo es la integración funcional de centros urbanos originalmente independientes. Esta segunda línea está afiliada con la Teoría del Lugar Central basada en la disposición a viajar por consumir bienes y servicios distribuidos de manera central (Christaller, 1933). Según esta teoría, si el coste de transporte (incluido el tiempo) se reduce (p.e. gracias a las innovaciones tecnológicas) la expansión de las áreas de mercado de trabajo originales permiten integrar como subcentros a los centros originalmente independientes (Champion, 2001). De esta forma dichos centros primigenios pasan a formar parte del nuevo sistema metropolitano como nodos, al tiempo que ejercen influencias sobre el territorio que los rodea, consolidando de esta manera un sistema metropolitano complejo, en definitiva una ciudad de ciudades (Nel-lo, 2001).

Con independencia de que las estructuras policéntricas sean el resultado de un proceso de descentralización o de integración la línea argumental de la economía urbana es que tanto la renta del suelo como los gradientes de densidad son conjuntamente influenciados por la proximidad al CBD y a los subcentros. Los subcentros, por tanto, replican a escala local, la influencia que ejerce el CBD en la escala metropolitana. Es la confluencia entre economías de aglomeración, desaglomeración y coste de transporte lo que permite explicar la existencia de sistemas de estructuras complejas (Roca & Marmolejo, 2006).

## 2. Métodos para identificar límites y subcentros metropolitanos

La caracterización de las estructuras metropolitanas conlleva, al menos, dos pasos, en primera instancia la detección de los bordes y enseguida los elementos que ejercen un papel estructurador, es decir, el centro y los subcentros.

### 2.1 Métodos para la delimitación de los sistemas metropolitanos

Si bien no es el objetivo de este artículo abordar en profundidad los métodos para detectar límites metropolitanos, la propia naturaleza comparativa del estudio obliga a utilizar un mismo criterio de delimitación, y en ese sentido, realizar una pequeña introducción sobre los procesos existentes en la literatura. Además de las delimitaciones de carácter administrativo, que resultan de gran utilidad en la gestión urbana, existen dos familias claramente diferenciadas de identificación de las fronteras de los sistemas urbanos (ESPON, 2006). La primera que podemos llamar “física” (i.e. morfológica) toma como criterios la continuidad de los tejidos urbanos (p.e. el trabajo de NUREC, 1994, que retomó el criterio de los 200m de las NU) o la existencia de unidades geográficas continuas que superan ciertos umbrales de densidad de aquello que puede ser considerado urbano (p.e. servicios centrales, industria, etc.) o/i que en conjunto alcanzan ciertas masas críticas (Serra *et al.*, 2002); y una segunda familia basada en relaciones funcionales. Por razones que resultan evidentes esta segunda familia es la dominante en tanto cuanto permite detectar sistemas urbanos con independencia de la continuidad física de su urbanización, y por tanto resulta adecuada ante el paradigma emergente de la ciudad difusa y las ciudades-red (Indovina, 1990; Castañer, 1994; Roca, 2004). En este sentido el análisis de la interacción que se suscita entre los dos principales mercados urbanos, es decir, entre el laboral y el inmobiliario, cuyo reflejo físico tiene su máxima expresión en los flujos residencia-trabajo se ha constituido en el elemento clave en la determinación de los confines espaciales de dicha interacción. *La movilidad, por tanto, es vista desde esta perspectiva como significativa de la esencia de lo urbano.* En los EE.UU. los flujos residencia-trabajo han sido utilizados de forma profusa para detectar áreas metropolitanas con fines estadísticos (SMSA en sus siglas inglesas, la primera data de 1959) desde el Censo de 1950 (OMB, 2000) tal y como ha ocurrido en otros tantos países como Francia, Italia, el Reino Unido o Canadá (Julien; 2000; MartiNotti, 1991; Murphy, 2003) o de forma transversal en diferentes países de la UE (Cheshire&GornosTaeva, 2003; Pain& Hall, 2006; ESPON, 2006; UrbanAudit, 2008).

En España, al margen de las aproximaciones morfológicas<sup>16</sup>, Margarita Castañer (1994) delimitó “áreas de cohesión” a partir de criterios funcionales parecidos a los usados en las SMSA. Asimismo el trabajo pionero de Joaquim Clusa y Agustín Rodríguez-Bachiller (1995) aparecido junto con el de Castañer *et al.* (1995) importaron por vez primera los británicos mercados locales de trabajo, dicha empresa fue continuada por Casado (2001) en la Comunidad Valenciana; si

---

<sup>16</sup> Cabe mencionar los trabajos de la Dirección General de Urbanismo del Ministerio de Vivienda de 1965 y 1967; del III Plan de Desarrollo Económico y Social (1972) o los más recientes Atlas del Ministerio de la Vivienda (2000, 2005, 2007) que han tenido por objeto de la delimitación de “áreas urbanas”.



bien la filosofía de dicha delimitación difiere diametralmente<sup>17</sup> de los objetivos perseguidos en la delimitación metropolitana, su común denominador es la consideración de las interacciones espaciales antes aducidas.

Como es del dominio común, el Censo español del 2001 permitió por vez primera conocer la movilidad obligada entre todos los municipios del estado. A partir de estos datos, y adaptando la metodología de la Oficina del Censo Norteamericano usada en Nueva Inglaterra en 1991, Roca *et al.* (2005) delimitaron las 7 principales metrópolis españolas<sup>18</sup>; Fera (2008; 2009) también ha delimitado con dicha información los sistemas metropolitanos españoles utilizando su propio algoritmo<sup>19</sup>.

La metodología usada por Roca *et al.* (2005), que ya había sido presentada en Clusa y Roca (1997), consiste en: 1) detectar como centros urbanos aquellos municipios con una población superior a 50.000 personas; 2) adscribir al núcleo central anterior aquellos municipios que envían ahí el 15% de su POR; 3) repetir 3 veces más el proceso indicado en 2; y 4) tras la cuarta iteración eliminar aquellos municipios que no guardan contigüidad con el AM. Con dicho criterio es posible encontrar áreas metropolitanas primarias (con un núcleo central) y áreas metropolitanas consolidadas (en donde la coexistencia de más de un núcleo es posible). Cabe señalar que las diferencias fundamentales con la metodología original radican no sólo en las unidades espaciales utilizadas (*counties* en EE.UU. de un tamaño muy superior a los municipios usados en España) sino también en el número de iteraciones, que en el caso de España se han establecido a través de un criterio analítico<sup>20</sup>. Boix & Veneri (2009) han replicado esta misma metodología en todo el territorio español e italiano, con una pequeña modificación<sup>21</sup> por tal de

---

<sup>17</sup> En el Reino Unido los mercados locales de trabajo (MLT) son áreas en donde la autocontención de la población ocupada residente es suficientemente alta (aunque no la más alta posible) para tomar decisiones razonables sobre la intervención de la administración en materia de empleo (p.e. planes locales de ocupación), los MLT permiten detectar la forma en cómo se organiza espacialmente el mercado de trabajo. Mientras que los sistemas metropolitanos son entidades mucho más complejos, en las cuales la autocontención es definitivamente más alta, al tiempo que aquellas de una cierta envergadura pueden contener varios mercados locales de trabajo hacia su interior configurados en un sistema de naturaleza policéntrica.

<sup>19</sup> En principio básico consiste en identificar un centro urbano con una población de al menos 100.000 personas (aunque el autor, en una segunda instancia, considera como tales aquellos que articulan un entorno metropolitano de al menos 50.000 personas, siempre y cuando su población se situó en el rango de 50.000 a 100.000 habitantes). Una vez identificados dichos centros el proceso adscribe a los municipios circunvecinos que envían al menos 100 trabajadores al centro y que establecen con éste segundo su máximo flujo residencia-trabajo. Si el flujo es inferior a 1.000 trabajadores los municipios para ser adscritos deben enviar al menos 20% de su población ocupada residente; si el flujo es superior a 1.000 personas entonces el umbral antes mencionado se establece en un 15%. Un municipio circunvecino también puede ser adscrito al centro cuando el centro le envía flujos en las condiciones de importancia absoluta y relativa antes descritas. Es decir, un municipio es adscrito al centro si una parte importante en términos de masa crítica e importancia relativa de su población labora en él, o si por el contrario, el centro le remite trabajadores en los mismos términos. En total el proceso utiliza dos interacciones, a partir de la primera adscripción, para delimitar el sistema metropolitano. Al final aquellos municipios sin contacto territorial con el área metropolitana son eliminados.

<sup>20</sup> i.e. la iteración a partir de la cual la extensión del área metropolitana se estabiliza o vuelve marginal.

<sup>21</sup> Dicha modificación ha consistido en adscribir como subcentros subordinados a los municipios centrales aquellos municipios que, cumpliendo la condición de los 50.000 habitantes, envían más del

adaptarla a realidades policéntricas, para encontrar lo que han llamado “áreas metropolitanas dinámicas”. Hasta donde sabemos, estas han sido las aproximaciones transversales<sup>22</sup> a todo el territorio español basadas en métodos funcionales.

El principal problema de la metodología anterior reside en el propio umbral del 15% de la POR que, como se ha explicitado, es el que se había usado en EE.UU hasta el Censo del 2000 así como en otras aproximaciones como las *Standard Metropolitan Labour Market Areas* británicas (Castañer, 1994). En este sentido, puede ocurrir que aquellas zonas ubicadas en las periferias metropolitanas sean adscritas al sistema metropolitano con gran facilidad. De tal suerte que aquellas metrópolis insertas en sistemas regionales de muy baja densidad, tales como Madrid o Zaragoza, resulten enormes como efectivamente ocurre en el trabajo de Roca *et al.* (2005) en dónde la capital española resulta con 608 municipios y la aragonesa con 265. Por esta razón autores como Feria (*Op. Cit.*) han impuesto umbrales mínimos de flujos absolutos. Otros, como Marmolejo *et al.* (2010a), con el objeto de salvar este escollo sin necesidad de introducir umbrales absolutos, han modificado el método usado por Roca *et al.* (2005) colocando umbrales de % de la POR *ad hoc* para cada una de las 7 metrópolis analizadas en su estudio. El procedimiento usado por dichos autores es bastante simple: mediante gráficos de sedimentación han detectado a partir de qué umbral de porcentaje de POR (con una precisión de un 1 por cien), el incremento de suelo artificializado, población y actividad económica se vuelve marginal; es decir, a partir de qué punto la anexión de más municipios no representa incrementos significativos en relación de lo que previamente ha sido anexionado. Esta adaptación presenta, sin embargo, dos problemas fundamentales: 1) en un modelo policéntrico es posible que el *hinterland* de los subcentros periféricos (i.e. *edgocities*) no sean incorporados al ámbito metropolitano, lo que representa un problema, ya que como se comentará más adelante, una de las formas de validar la existencia de subcentros es probar la influencia que éstos ejercen sobre sus periferias, de tal suerte que si dichas periferias no son incorporadas en el área de estudio, resulta imposible realizar tal comprobación; 2) debido a que sólo los flujos en dirección periferia-centro son considerados existe la posibilidad (fundamentalmente en el plano teórico) de que aquellas zonas periféricas especializadas en actividad económica (p.e. polígonos industriales) con poca población (sobre todo si está muy autocontenida<sup>23</sup>) no sean incorporadas en el AM.

A pesar de los problemas anteriores, en este artículo no se ha renunciado a utilizar un método de delimitación funcional, puesto que como indican Boix y Veneri (2009) “Si el objetivo del análisis [de delimitación metropolitana] es el estudio del policentrismo urbano o, en general, de la estructura espacial, la aproximación funcional parece ser la más adecuada” (pág. 6); sino por

---

15% de su POR al municipio central. Y en aquellos casos en los cuales existe una relación recíproca del 15% entre dos municipios de más de 50.000 habitantes fundirlos en uno sólo.

<sup>22</sup> A escala regional cabe citar los trabajos también basados en criterios funcionales de Trullén y Boix (2000) y Boix y Galleto (2004) para Cataluña; y Salvador *et al.* (1997) para Barcelona; Feria y Susino (2005) en Andalucía; y Rubert (2005) en Castellón.

<sup>23</sup> La autocontención es la proporción de la POR que se queda a trabajar en el propio municipio de residencia y que se constituye en *residentworkers*.

el contrario se ha buscado un método que: 1) no esté basado en umbrales de movilidad ni relativos ni absolutos; 2) sea capaz de detectar la sutil conformación de áreas de influencia de los subcentros periféricos; y sobre todo, 3) considere bidireccionalmente la movilidad tal como ocurre en la realidad de los sistemas metropolitanos complejos y maduros (Castañer, 1994). Dicho método es el presentado por Roca, Marmolejo y Moix (2009) para el AM de Barcelona y reproducido por Roca, Arellano y Moix (2011) en su estudio comparativo de las AM de Madrid y Barcelona. Este método está basado en el valor de interacción (VI) utilizado por Roca y Moix (2005), siguiendo el trabajo de Coombes y Openshaw (1982). El VI entre dos municipios  $i$  y  $j$  es definido así:

$$VI_{ij} = \frac{F_{ij}^2}{POR_i LTL_j} + \frac{F_{ji}^2}{POR_j LTL_i} \quad (1)$$

En dónde  $F_{ij}$  y  $F_{ji}$  son los flujos recíprocos entre los municipios  $i$  y  $j$ ; POR es la población ocupada residente y LTL son los puestos o lugares de trabajo localizado. Al estar en el denominador las masas de lugares de trabajo y población ocupada residente el flujo que relaciona a dos municipios se relativiza, al tiempo que las relaciones bidireccionales se consideran dada la naturaleza transitiva del indicador. A partir del VI es posible encontrar no sólo las fronteras espaciales de las áreas metropolitanas (Roca y Moix, 2005), sino al mismo tiempo subcentros (Roca *et al.*, 2009) en un procedimiento “de abajo hacia arriba” que consiste en:

- Agregar los municipios en función a su máximo valor de interacción. Lo anterior determina, por regla general, la unión a los municipios con mayor número de LTL (y, por tanto, candidatos a representar subcentros) de los municipios más vinculados.
- Conformar esas agrupaciones en “protosistemas”. El proceso de agregación anterior culmina cuando se logra un sistema cerrado. Así, por ejemplo, si A, B y C tienen una máxima relación con D, conformarán un protosistema, tan sólo, si D tiene su máxima relación con A o B o C. En cambio si D tiene su máxima relación con E, “gravitan” todos ellos hacia E, completando el protosistema si E tiene la máxima relación con alguno de los municipios a él agregados (sea D, o cualquier otro).
- Los protosistemas sólo se consolidan si son físicamente continuos. En caso contrario se corrigen las discontinuidades, forzando a los distintos municipios a integrarse en el protosistema con el que guardan un mayor VI.
- Asimismo la consolidación requiere, para el caso que nos ocupa, un grado de autocontención mínimo del 50%. En caso de que un protosistema no alcance ese grado de autonomía es agregado con el protosistema con el que mantiene un máximo nivel de interacción, y así de forma iterativa hasta que el protosistema resultante garantice dicha condición de autocontención. En este caso se consolida como un “subsistema metropolitano”. En dónde el municipio con mayor densidad y masa, es asimismo, el que estructura su sistema, y por tanto, el candidato a subcentro.

Si los subsistemas metropolitanos se unen entre sí a través de un proceso iterativo, en el cual cada iteración representa la unión de los dos sistemas con mayor VI, es posible encontrar áreas

metropolitanas. En dicho proceso en primera instancia los subsistemas más centrales y más importantes y/o maduros caen en el campo de gravitación del centro, luego los más periféricos y/o más emergentes o de reciente incorporación. Estos últimos subsistemas en caer al campo gravitatorio del subsistema central suelen haber incorporado a otros más periféricos aún y menos vinculados con el centro. En esta investigación el proceso de iteración a partir de los datos del Censo del 2001, que se ha hecho a escala de toda España a la vez, se ha detenido en un VI de 1/1.000, excepto en el caso de Madrid en el cual se ha detenido en un VI de 0,99/1.000 y Sevilla en dónde se ha parado en un VI de 0,8/1.000.<sup>24</sup>

## 2.2 Métodos para la detección de subcentros

Una vez delimitado el entorno metropolitano prosigue detectar su naturaleza a través de la identificación de los elementos que lo dotan de estructura (i.e. centro y subcentros). En la literatura la mayor parte de las metodologías para la detección de subcentros se han basado en el estudio alternativo de: a) la densidad de empleo (controlando o no la distancia al CBD); o b) analizar la influencia de un sitio en la estructuración de los flujos residencia-trabajo. Dichos criterios han delimitado, con meridiana claridad, las dos familias de detección de subcentros expuestas a continuación:

### ***Métodos basados en el análisis de la densidad***

De lejos la primera familia, basada en el análisis de la distribución espacial de la densidad, es la más desarrollada y se divide en cuatro métodos:

1. El primer método, sugerido por McDonald (1987) se basa en la identificación de “picos” de empleo (en la inteligencia que un subcentro es un pico de empleo allende el CBD). Este método consiste en el análisis del manto de densidades por tal de detectar disrupciones locales con el concurso del SIG. Alternativamente el ratio empleo/población se puede usar con el objeto de identificar las áreas en dónde la concentración de empleo es relativamente más elevada. Gordon, Richardson & Wong (1986) restringieron el número de subcentros a aquellos con altos *t-values*,

---

<sup>24</sup> Para determinar el umbral de corte se ha estudiado en detalle el proceso de conformación de cada AM, de tal suerte que el valor utilizado en cada caso responde al límite en el cual el tiempo de espera, en términos de número de iteraciones, para integrar marginalmente a un subsistema al AM se alarga considerablemente; es decir, es el límite por encima del cual los subsistemas metropolitanos más interrelacionados se unen entre sí y con el sistema central. Por ejemplo, en el caso del AM de Barcelona, de media cada subsistema tarda 50 iteraciones en gravitar (directa o indirectamente) hacia el subsistema central; sin embargo, tras el VI 1/1.000 sería necesario esperar 364 iteraciones para que el subsistema de Manresa pasase a formar parte del AM de Barcelona; subsistema que el “conocimiento local” ubica claramente fuera del ámbito metropolitano barcelonés.

esta línea ha sido continuada por los trabajos de McDonald y McMillen (1990) y Craig y Ng (2001).

2. El segundo método se basa en umbrales de densidad y masa. En la versión pionera de Giuliano & Small (1991), consiste en considerar como subcentros a los grupos de secciones censales con una densidad superior a 12LTL por acre (aprox. 29 LTL/ha) y una masa crítica total de por lo menos 10.000 LTL. Los continuadores de este método son Cervero&Wu (1997), McMillen& McDonald (1997); Bogart &Ferry (1999), Anderson & Bogart (2001), Sheamur&Coffey (2002) y Giuliano &Readfearn (2007). En esta misma línea García-López (2007, 2008) y Muñiz & García-López (2009), han sugerido que los subcentros son zonas cuya densidad es superior a la media del sistema metropolitano y que a la vez concentran al menos un 1% de los LTL metropolitanos.Pain& Hall (2006), en el marco del proyecto Interreg IIIB “Polynet”, han definido “cores” como aquellos NUT 5 con 7 o más LTL/ha y con al menos 20.000 LTL.
3. Desde una perspectiva econométrica el tercer método identifica como posibles subcentros aquellas zonas con residuos significativamente positivos en una regresión en dónde la variable dependiente es la densidad de empleo y la independiente la distancia al CBD. McDonald &Prather (1994) han sugerido diferentes modelos basados en la identificación de residuos significativos al 95% de confianza.
4. El último método es una derivación del anterior y se basa en modelos no paramétricos (con el concurso de la regresión local o geográficamente ponderada – GWR en sus siglas inglesas-), con el objetivo de detectar picos de densidad una vez que el manto simulado ha sido ajustado localmente, teniendo en cuenta dos dimensiones, y considerando el efecto de las zonas cercanas (McMillen, 2001a;Craig &Ng, 2001; Readfearn, 2007). La principal ventaja de este método es la determinación de gradientes de densidad multidireccionales a partir del centro. Suarez & Delgado (2009) han desarrollado un modelo híbrido, de tal suerte que una vez detectados los picos locales por medio del análisis de los residuos de una GWR, las secciones censales adyacentes son anexionadas hasta alcanzar un umbral mínimo de densidad y masa.

McMillen (2003b) ha destacado la utilidad de los métodos basados en umbrales, en tanto cuanto permiten realizar análisis diacrónicos de la evolución de las estructuras metropolitanas. Sin embargo, requieren una importante dosis de “conocimiento local” por tal de establecer con suficiente juicio los umbrales de densidad y masa, lo cual puede convertirse en un inconveniente en los análisis comparativos que involucran a diferentes “expertos locales”. El trabajo de García-López (2007) da un paso adelante al establecer umbrales relativos, que como se ha dicho, se fijan en una densidad superior a la media y una masa igual o superior a 1/100 de la metropolitana<sup>25</sup>. Sin embargo, este criterio, en la forma en cómo ha sido operacionalizado por él, presenta dos problemas: 1) cuanto mayor es el número de unidades espaciales en el sistema

---

<sup>25</sup> En este sentido la metodología aportada por García-López (2007) ha sido utilizada en otros trabajos para la identificación de subcentros en otras áreas metropolitanas españolas. En Gallo, Garrido y Vivar (2010) se utiliza los criterios de densidad y masa para identificar subcentros urbanos en el área metropolitana de Madrid.

metropolitano tanto mayor es la dificultad de alcanzar el criterio de masa; y 2) cuanto más homogénea es la distribución espacial de la densidad tanto mayor es la facilidad de alcanzar el criterio de densidad. Aunque la verdadera falencia de éste y de todos los métodos basados en umbrales es la tendencia a priorizar como subcentros las áreas centrales o las muy próximas al centro, lo cual deriva de su negación de lo que es elemental en el modelo estándar de la economía urbana expuesto en la sección 1 (i.e la densidad global está determinada por la proximidad al CBD). Por tal motivo, algunos autores han eliminado manualmente lo que a su juicio es el centro o por el contrario han establecido diferentes umbrales de densidad en función del nivel de centralidad.

Los métodos econométricos han dado representado un avance significativo, en términos conceptuales, al controlar la influencia que ejerce el CBD sobre el manto metropolitano de densidades, reconciliándose con la pieza central de la teoría que subyace en la formación de dichas densidades. En concreto la forma funcional que ha sido extensamente usada es la exponencial negativa, que al linealizarla, a efectos de calibrarla por MCO, tiene la siguiente expresión:

$$\ln D_i = k + B \cdot D_{CBD-i} \quad (2)$$

En donde  $D$  es la densidad de empleo de la zona  $i$ ,  $k$  es una constante que se asume representa la densidad en el CBD,  $D$  es la distancia entre  $i$  y el CBD, y  $B$  es la gradiente con la que se reduce la densidad global a medida que incrementa la distancia al centro. Los residuos significativos indican la presencia de candidatos a subcentros. Así, los dichos candidatos serían aquellas piezas del territorio metropolitano cuya densidad está explicada no sólo de forma exógena (i.e. en función de cuán alejados están del CBD), sino sobre todo, de forma endógena es decir a través de los procesos locales cuyas externalidades irradiadas “acaban”<sup>26</sup> capitalizándose en mayores densidades urbanas que inciden sobre sí mismos, y sobre el territorio que les rodea. Por esta segunda razón, autores como McMillen (2001) han propuesto una forma de validar a los candidatos a subcentro a través de la verificación de la influencia (en términos de densidad) que éstos ejercen sobre sus vecinos.

Naturalmente, en la literatura se ha probado una ingente cantidad de expresiones funcionales<sup>27</sup> (cuya exposición no tiene cabida en este artículo), pero sólo ésta parece guardar correlato teórico con la teoría de la renta ofertada (Mills & Hamilton, 1984) y que se adapta razonablemente bien a las ciudades en donde la asignación de densidades y usos del suelo responde a las lógicas de una economía de libre mercado (Bertaud & Malpezzi, 2003). Sobre esto

<sup>26</sup> Evidentemente el salto entre el modelo teórico y el mundo real es acrobático, puesto que la ciudad es fundamentalmente capital fijado, lo que representa, junto a las rigideces impuestas por el planeamiento urbanístico, una inercia enorme de los tejidos edificados para adaptarse a las densidades idóneas según la teoría estándar de la economía urbana.

<sup>27</sup> Véase por ejemplo McDonald & Prather (1994) o Ruiz & Marmolejo (2008)

los avances en la econometría espacial han permitido considerar que las fluctuaciones en el manto metropolitano de densidad son multidireccionales, lo cual es especialmente cierto en escenarios caracterizados por topografías accidentadas.

### ***Métodos basados en el análisis de las relaciones funcionales***

La segunda familia de métodos entiende que los subcentros no sólo son zonas anormalmente densas en el espacio metropolitano, sino que también son nodos a partir de los cuales se estructuran las relaciones funcionales entre ellos, con el CBD y con el resto del sistema. Por tanto se fundamenta en una filosofía más cercana a la del funcionamiento de los sistemas urbanos en red. Si bien el análisis de las relaciones funcionales se ha usado intensamente en la delimitación de áreas de trabajo o áreas metropolitanas como se ha detallado en la sección 2.1, existen algunos trabajos que han aplicado estos criterios en la detección de subcentros, tales como Bourne (1989), Gordon, Richardson & Giuliano (1989) y Gordon & Richardson (1996). Gordon *et al.* (1989; 1996) detectan subcentros a partir de considerar la densidad de viajes (de todo tipo) atraídos. Cuanto mayor es dicha densidad, a igualdad de número de empleos, mayor es la capacidad de las concentraciones de empleo para estructurar el territorio desde una perspectiva multidimensional (i.e. multipropósito). De tal suerte que es posible diferenciar la importancia de los subcentros no sólo por su masa, sino sobre todo, por su capacidad de estructurar flujos multipropósito en función de la estructura sectorial de su actividad económica.

Otros autores como Emanuel & Dematteis (1990), Camagni (1994), o Trullén & Boix (2000) han utilizado criterios funcionales para caracterizar a los subcentros (i.e. detectar las relaciones de complementariedad, sinergia y jerárquicas) en el paradigma de las ciudades-red. Camagni (1994) y Trullén & Boix (2000) entienden que las relaciones de sinergia se gestan entre subcentros equipotenciales en dónde los flujos de movilidad recíprocos son superiores a los que predice un modelo gravitatorio doblemente constreñido en dónde las masas son los LTL y la POR y las distancias se miden en tiempo de viaje. En este sentido los modelos gravitatorios constreñidos en origen permiten detectar los destinos (centralidades) que atraen más flujos que los predichos.

Sin embargo, la aplicación más explícita de los análisis de flujos para la identificación de subcentros es la realizada por Roca *et al.* (2005, 2009 y 2011), mediante el procedimiento que se ha detallado en la sección 2.1 anterior.

Como se ve, hasta ahora, las aproximaciones metodológicas en la literatura se han polarizado entre aquellas basadas en el análisis de la densidad únicamente, y estas basadas exclusivamente en la movilidad, *negando el hecho que densidad y movilidad son dos caras de una misma moneda; y que su interacción aporta nuevos elementos en el análisis de las estructuras territoriales.*

En este sentido los trabajos de Pillet *et al.* (2010) y Marmolejo, Aguirre & Roca (2010) profundizan en una aproximación metodológica integrada donde los análisis de la densidad y de la movilidad son considerados.

En el trabajo de Pillet *et al.* (2010) se analiza el policentrismo en regiones escasamente urbanizadas y se desarrolla una metodología "integrada" que se basa primeramente en un

análisis de la densidad para identificar centros y subcentros (aquellos que no superan el umbral de los 15.000 habitantes). Luego, los autores analizan los flujos de la población (por motivos de trabajo, estudios y segunda residencia) entre estos centros y subcentros a partir de los datos de la movilidad obligada ofrecida para el INE 2001. Con ello, los autores identifican para la Comunidad de Castilla-La Mancha y de acuerdo con lo que la ETE (Estrategia Territorial Europea)<sup>28</sup> FUA y sus áreas dependientes:

1. FUA: áreas con un centro de más de 15.000 habitantes y con una área de influencia de más de 50.000 habitantes.
2. Áreas dependientes de primer nivel: áreas con un centro de más de 15.000 habitantes pero que ejerce influencia a un área de menos de 50.000 habitantes
3. Áreas dependientes de segundo nivel: áreas con un subcentro (municipio de menos de 15.000 habitantes) y que tampoco tienen un área de influencia de más de 50.000 habitantes.

En el caso del trabajo de Marmolejo, Aguirre y Roca (2010) ha intentado “deconstruir” el concepto de densidad laboral por tal de resaltar que dentro de él existen elementos básicos de la movilidad metropolitana. Es decir, los LTL, que yacen en el numerador de la densidad, no son más que la suma de los trabajadores que residen y trabajan en una misma zona (*residentworkers* o RW) y los flujos que se atraen de otras zonas (flujos de entrada o FE); de tal suerte que si el numerador se reconstruye priorizando de manera distinta a cada elemento es posible identificar concentraciones de empleo de diferente naturaleza:

1. Municipios cuya densidad laboral proviene fundamentalmente de los FE. Los cuales están especializados en actividad económica y tienen poca población (p.e. grandes parques industriales), o aquellos en los que el perfil profesional de la POR no coincide con el de los LTL. Es difícil considerar como verdaderos subcentros a estos casos.
2. Municipios cuya densidad se genera fundamentalmente por los RW. Los cuales tienen pocas o nulas relaciones funcionales con su entorno, en tanto son autónomos en términos de su mercado de trabajo (p.e. en cuyo extremo se sitúan los actuales cuarteles militares). Nuevamente, es imposible considerar como subcentros a aquellas áreas con exiguas relaciones funcionales.
3. Municipios cuya densidad es producida por una combinación de FE y RW, al tiempo que los flujos de salida (FS) son bajos. Dichos municipios son: a) suficientemente atractivos en términos residenciales y por tanto tienen población, b) suficientemente atractivos para retener parte de su POR, y 3) diversos en términos laborales para atraer flujos de otros municipios (i.e. emplear trabajadores con perfiles complementarios a los de su POR).

Aquellos municipios los rasgos del tercer tipo, según los autores, están más próximos de lo que se podría considerar un “subcentro metropolitano” desde una perspectiva más

<sup>28</sup> La ETE proponía que las Áreas Funcionales Urbanas (FUA) debían tener como centro un municipio de más de 15.000 habitantes, aunque se advertía que no sólo el tamaño lo que la caracteriza, sino sobre todo, la función ejercida, la accesibilidad y la capacidad de organizar flujos a su alrededor, para en segundo lugar, añadir que dichos centros organizarán FUA que deben contabilizar más de 50.000 habitantes. (Pilletet *al., Op. Cit.*)



urbanística que no simplemente económica. De esta manera a través de la integración de los tres elementos fundamentales de la densidad laboral: FE, RW y FS, y usando el indicador sintético DP2 (propuesto por Pena Trapero, 1977) crean lo que llaman “densidad compuesta”, que es capaz, mediante el uso de modelos econométricos convencionales, de priorizar como candidatos a “subcentros metropolitanos” a aquellos municipios cercanos al paradigma discutido, al tiempo que se reduce el número de ciudades dormitorios y polígonos industriales priorizados por los mismos modelos calibrados con la densidad laboral clásica, es decir el cociente de LTL/ sup.

### **3. Áreas estudiadas, métodos y fuentes de información**

Las siete áreas metropolitanas estudiadas son: Madrid, Barcelona, Valencia, Sevilla, Bilbao, Málaga y Zaragoza. Se trata, por tanto, de los sistemas urbanos españoles con más entidad por lo que a población y empleos se refiere<sup>29</sup>. Siguiendo el criterio de delimitación explicitado en 2.1 Madrid y Barcelona resultan muy similares en cuanto al número de municipios (183 y 184 respectivamente), si bien la primera supera a la segunda en superficie artificializada, empleo y población; muy por detrás se sitúa Valencia que con 104 municipios aún una población de 1,8 M de personas; le siguen Sevilla y Bilbao con 1,4 M y 1,2 M de personas respectivamente y finalmente Málaga y Zaragoza con casi 1 M y 0,7 M de personas cada una, como se detalle en la figura 1.

---

<sup>29</sup> Aunque cabe reconocer que el trabajo de Feria (2009) sugiere que por encima de Málaga se sitúa el sistema Oviedo-Gijón-Avilés, así como Las Palmas de Gran Canarias se encuentra por encima de Zaragoza.

---

 Influencia de los subcentros metropolitanos en la estructura de los valores inmobiliarios y nuevos métodos de identificación
 

---

*Figura 1 Ámbitos metropolitanos estudiados y sus principales magnitudes*




---

Municipios	Suelo artificializado (km <sup>2</sup> )	LTL	Población	Densidad global (LTL+POB/km <sup>2</sup> )
	a	b	c	.(b+c)/a
Madrid	183	860	5.542.843	9.291
Barcelona	184	745	4.530.164	8.636
Valencia	104	308	1.792.375	8.046
Sevilla	52	237	1.381.531	7.719
Bilbao	123	112	1.231.367	15.024
Málaga	32	194	994.984	7.032
Zaragoza	88	127	724.335	8.066

---

Fuente: Elaboración propia con base en datos del Corine Land Cove 2000 y del Censo de Población 2001

La información utilizada proviene fundamentalmente de tres fuentes, la primera relacionada con el Censo de Población del año 2001, la segunda las distancias por carretera calculadas a través de Transcad utilizando el grafo de Teatlas 2001; y del CorineLandConver del año 2000. En relación a esta última fuente se deben hacer las siguientes precisiones:

- a) El área artificializada se refiere al tejido urbano continuo (11100), al abierto (11210), al extenso (11220), a las áreas industriales (12110), a las comerciales y de servicio (12120), las portuarias (12300 y 12400), las áreas verdes (14100), campos de golf (14210) y otras instalaciones deportivas (14220). Nótese que la superficie de autopistas y de las ferrovías no se ha considerado por tal de no sesgar la densidad de los municipios con poca superficie artificializada por los cuales atraviesan autopistas que en muchos casos ni siquiera tienen salida a dichas poblaciones.
- b) En el caso de los aeropuertos se han eliminado las superficies relacionadas con las pistas de aterrizaje y zonas de protección por entender que el empleo localizado emana fundamentalmente de los edificios de terminal y de servicios.
- c) En el caso de las zonas en construcción se han revisado individualmente con la ayuda de imágenes aéreas por tal de descartar aquellas relacionadas con las infraestructuras viarias y ferroviarias por las razones argüidas anteriormente.

Finalmente destacar que en el área metropolitana de Bilbao un análisis detallado de la superficie artificializada de los municipios con menor masa de trabajadores sugirió su eliminación en los análisis presentados<sup>30</sup>, en tanto que dado su peculiar tipología urbanística (muchas veces apoyada en caseríos abiertos) el CorineLandConver infravalora significativamente el suelo ocupado. De tal suerte que de haber sido considerados su densidad de trabajadores, incluso superior a la de su CBD, podría sesgar los análisis de detección de subcentros basados en este indicador. Dicho problema, en cambio, no está presente en el resto de AM estudiadas, o al menos no con la misma intensidad.

En cuanto a los métodos de detección de subcentros ensayados se han utilizados métodos afiliados a las dos familias existentes en la literatura revisada en el punto 2.2. Así, en la rama del análisis de la densidad se ha utilizado una aproximación paramétrica utilizando el modelo explicitado en (2) para detectar los municipios cuyos residuos positivos son superiores a 1 desviación estándar de la media, para ello se ha utilizado la densidad de empleo “clásica” (LTL/sup) y la “compuesta” sugerida por Marmolejo, Aguirre y Roca (*Op Cit.*) cuya filosofía ha sido explicada en la sección 2.2. En concreto tal y como hacen dichos autores, se ha considerado como candidato a subcentro a aquellos municipios cuyos residuos positivos están por encima de una desviación estándar en las dos densidades compuestas siguientes: Dca, en donde primero se introducen los RW, a continuación los FE y finalmente los FS; y en la Dcb, en donde

---

<sup>30</sup> En concreto se han eliminado los siguientes municipios en los siguientes rangos de LTL: Valle de Mena (1.000<LTL<1.200), Etxeberria (800<LTL<1.000), Sopuerta, Muxika, Gatika, Guriezo (400<LTL<600), Izurtza, Gizaburuaga, Gordexola, Galdames, Okonko, Gamiz-Fika (200<LTL<400), Dima, Mañaria, Forua, Murueta, Artea, Maruri-Jatabe, Meñaka, Kortezubi, Trucos-Tuitzioz, Artzentales, Moga, Villaverde de Trucios, Arratzu, Ibanangelu, Munitibar-ArbatzegiGerrikaitz, Mendata, Fruiz, Errigoiyi, Arrieta, Ereño, Nabarniz and Garay (<200 LTL).

primero se introducen los FE, a continuación los RW y finalmente los FS<sup>31</sup>. En la vertiente de métodos de umbrales se ha utilizado la variante ofrecida por García-López (*Op. Cit.*), modificada de la siguiente manera: en vez de utilizar un umbral de masa del 1% de los LTL usado por dicho autor para Región Metropolitana de Barcelona (que tiene 164 municipios), se ha utilizado un porcentaje proporcional en función del número de municipios. Así, para la propia Área Metropolitana de Barcelona estudiada aquí, con 184 municipios le corresponde un umbral de masa del 0,9%. De esta manera se intenta solucionar el problema que plantea el método original: *ceterisparibus* sistemas con pocos municipios alcanzar el umbral del 1% es muy fácil, al tiempo que es todo lo contrario en sistemas con muchos municipios. En la rama del análisis de la movilidad se ha utilizado el procedimiento acuñado por Roca *et al.* (2009 y 2011) para la detección de subcentros-delimitación metropolitana detallado en la sección 2.1. Es decir, en total se han probado cuatro métodos diferentes de detección de subcentros.

Por otra parte el “continuo económico central” (CEC) se ha definido como el conjunto de municipios integrados funcionalmente (por vía del VI explicitado en 2.2) al municipio central, y además con una densidad de LTL superior a 700 LTL/km<sup>2</sup>, criterio este último retomado de la metodología de GEMACA y del proyecto Polynet<sup>32</sup>. Es importante señalar que en los siete sistemas urbanos todos los CEC están formados por municipios conurbados, entendiendo como tales aquellos municipios cuyos tejidos urbanizados se encuentran a menos de 200 m. de separación<sup>33</sup>.

---

<sup>31</sup> Tal y como explican los autores la conjunción de estas dos densidades permite priorizar como subcentros aquellos municipios: 1) que son atractivos para tener población, 2) que atraen flujos laborales de su entorno, y 3) que retienen buena parte de su población ocupada. Es decir que son triplemente atractivos y por tanto sujetos de ser considerados como verdaderos subcentros en el contexto del paradigma de las ciudades mediterráneas; y no simplemente concentraciones de empleo.

<sup>32</sup> En GEMACA la aglomeración económica central se define como el conjunto de municipios contiguos que, además de tener la densidad de actividad económica mencionada, tienen en conjunto una masa de 20.000 LTL.

<sup>33</sup> De las AM analizadas, las AM de Madrid, Barcelona, Bilbao y Valencia son las que su CEC está conformado por más de un municipio. En el caso del AM de Madrid su CEC está conformado por 7 municipios (Alcobendas, Alcorcón, Coslada, Leganés, Madrid y Móstoles). Para el AM de Barcelona son 12 municipios (Badalona, Barcelona, Cornellà de Llobregat, Esplugues de Llobregat, L'Hospitalet de Llobregat, Montgat, el Prat de Llobregat, Sant Adrià de Besòs, SantFeliu de Llobregat, Sant Joan Despí, SantJustDesvern y Santa Coloma de Gramenet). En el AM de Bilbao los municipios que pertenecen en el CEC son 9 (Barakaldo, Basauri, Bilbao, Etxebarri Anteiglesia de San Esteban, Getxo, Leioa, Portugalete, Santurtzi, Sestao). Finalmente en el AM de Valencia su CEC está definido por 4 municipios (Alboraya, Burjassot, Mislata y Valencia).

## 4. La estructura metropolitana de los siete principales sistemas urbanos españoles

Los resultados de aplicar los modelos paramétricos están contenidos en la figura 2. En dicha figura se detallan los principales indicadores de los modelos basados en la densidad “clásica” y la “compuesta”, para cada modelo y área metropolitana se reporta su ajuste (mediante el coeficiente de determinación), el valor del coeficiente B que afecta a la distancia al CBD<sup>34</sup>, así como si los modelos en general son significativos al 95% de confianza. Como se ve la aproximación paramétrica, con ambas densidades, fracasa en 4 de las 7 áreas metropolitanas, así la información de Sevilla, Bilbao, Zaragoza y Málaga no confirma, *bajo la expresión funcional usada*, que la densidad de empleos se reduzca<sup>35</sup>, de una manera estadísticamente significativa, monotonamente a medida que incrementa la distancia a sus CBD, asumiendo como tales, los municipios centrales. Si la atención se centra únicamente en los casos en los cuales los modelos han resultado significativos, y en concreto en Madrid y Barcelona (que son similares por lo que a su población y cantidad de empleo se refiere), es posible ver que, a pesar de las grandes diferencias en la matriz territorial de ambas metrópolis, la simple distancia al CBD es capaz de explicar el 29% y el 36% respectivamente de la distribución espacial de la densidad laboral. Por otra parte, resulta significativa la diferencia en los coeficientes de la distancia (-0,041 para Madrid y -0,034 para Barcelona con la densidad “clásica”), que sugieren que en Madrid la influencia del CBD sobre la densidad metropolitana es más determinante que en Barcelona, lo que puede ser interpretado como un indicador de una estructura más monocéntrica en el caso de la capital española frente a otra más policéntrica en el caso de la capital catalana, en donde la influencia de los subcentros sobre la densidad de sus vecinos podría

<sup>34</sup> Como CBD se ha tomado el municipio central. En las regresiones dicho municipio ha sido introducido en tanto que en muchos casos los municipios centrales contienen, además del CBD, otras áreas densas en empleo. Además, se ha considerado una distancia media del propio municipio central al CBD en función de su superficie urbanizada. También se ha ensayado introducir como una sola unidad a todos los municipios que conforman el continuo económico central, en los términos que se ha explicado en la sección 3, sin embargo, los resultados, en cuanto a la eficiencia del modelo y a los subcentros detectados no difieren significativamente de los mostrados aquí.

<sup>35</sup> Incluso en el caso de Bilbao el coeficiente de la distancia al CBD tiene el signo contrario al esperado, es decir, que de ser estadísticamente significativo, indicaría un comportamiento contrario a la teoría subyacente en la formación de la renta y densidad de uso del suelo. Es probable que el CorineLandCover infravalore significativamente el suelo ocupado en los pequeños poblados vascos dado su peculiar modelo de urbanización; y que a pesar de que se han eliminado los municipios en donde dicha infravaloración es más relevante el problema persista en los remanentes. Otra posible explicación podría devenir de una estructura perfectamente policéntrica en donde la influencia del municipio de Bilbao sobre su área metropolitana quedase eclipsada por la presencia de otros subcentros. Sin embargo, después de eliminar aquellos posibles subcentros periféricos (como Durango) el problema persiste, por lo que la atención debe centrarse en mejorar la base de datos del suelo consumido. En el caso de Sevilla un modelo Log-Log con la densidad clásica resulta significativo al 95% de confianza, aunque con una  $R^2$  aj muy baja 0,076, lo que sugiere que incluso cambiando la expresión funcional del modelo el método paramétrico resulta de poca utilidad. En cambio, en el caso de Málaga incluso cambiando a un modelo Log-Log, es imposible conseguir un modelo significativo al 95% de confianza. En cualquier caso no debe olvidarse que detrás de la formación de la renta del suelo, y por tanto de la densidad, no sólo subyace la proximidad al CBD o a los subcentros, sino también otro conjunto de factores tales como las externalidades ambientales. Esto es palpable en las zonas costeras en donde la densidad está explicada, además de la proximidad al centro, por la proximidad al mar.

---

 Influencia de los subcentros metropolitanos en la estructura de los valores inmobiliarios y nuevos métodos de identificación
 

---

contrarrestar/complementar la del CBD. En este sentido, la gradiente en Valencia también sugiere un importante nivel de policentrismo incluso mayor, si cabe, que el barcelonés.

*Figura 2 Resultados de los modelos paramétricos para las 7 áreas metropolitanas estudiadas*

	Métodos paramétricos de detección de subcentros por vía de la densidad					
	CL		Dca		DCb	
	R2 aj	B dist CBD	R2 aj	B dist CBD	R2 aj	B dist CBD
Madrid	0,365	-0,041	0,234	-0,037	0,276	-0,044
Barcelona	0,298	-0,034	0,164	-0,029	0,187	-0,033
Valencia	0,231	-0,03	0,139	-0,029	0,151	-0,03
Sevilla	0,046	-0,012	0,01	-0,012	0,021	-0,016
Bilbao	-,009	0,002	-0,008	0,005	0,001	0,001
Zaragoza	0,149	-0,015	0,119	-0,02	0,119	-0,02
Málaga	0,028	-0,007	-0,042	-0,003	-0,022	-0,009

CL= densidad clásica

Dca= densidad compuesta a (RW, FE, FS); Dcb densidad compuesta (FE, RW, FS)

Variable dependiente: ln de la densidad clásica y compuesta señalada

Los valores marcados con fondo gris indican que los modelos no son significativos al 95% de confianza

Como se ha visto los modelos paramétricos basados tanto en la densidad clásica y compuesta han fracasado como vía para comparar la estructura de las siete metrópolis estudiadas. De manera que la atención se ha de centrar necesariamente en los métodos restantes, es decir, el basado en el análisis de la densidad de umbrales y de los flujos de movilidad. La figura 3 detalla los resultados, para cada área metropolitana se especifica qué municipios fueron hallados como subcentros potenciales para ambas metodologías, cuáles de ellos están en el continuo económico central (CEC), así como sus datos de empleo y población. En primera instancia cabe señalar que el 24% de los subcentros potenciales sugeridos por el método de umbrales se inscriben en el CEC de sus respectivas áreas metropolitanas. Este hecho pone de relieve la relativa ineficacia del método al primar áreas centrales por las razones que se han discutido antes.

Entrando en el detalle, en Madrid el método de umbrales sugiere la existencia de 8 subcentros potenciales<sup>36</sup> (Alcobendas, Getafe, Fuenlabrada, Móstoles, Torrejón de Ardoz, Alarcón, Coslada

---

<sup>36</sup> En Gallo, Garrido y Vivar (2010) también utilizan el método de umbrales tal y como propone García-López (2007), e identifican 12 subcentros para el año 2004: Las Rozas de Madrid, Pozuelo de Alarcón, Alarcón, Móstoles, Leganés, Fuenlabrada, Getafe, San Sebastián de los Reyes, Alcobendas, Alcalá de Henares, Torrejón de Ardoz y Coslada. Las diferencias encontradas en comparación a la presente investigación (las Rozas de Madrid, Pozuelo de Alarcón, San Sebastián de los Reyes y Alcalá de Henares no son identificados como subcentros) es debido al hecho de diferir en cuanto a las fuentes de información utilizadas. En el presente estudio utilizamos la información de movilidad laboral recogida en el Censo Español del 2001 mientras que en el artículo mencionado utiliza la información disponible de

y Tres Cantos), en este sentido llama la atención la inclusión de municipios como Móstoles, Getafe y Fuenlabrada, cuya oferta económica sólo es capaz de retener a menos del 33% de su POR cuando en la Madrid metropolitana la autocontención media es del 58%. Asimismo, el método de umbrales excluye Guadalajara que, desde la perspectiva cualitativa, se esperaría emergiese como un subcentro consolidado, este hecho se debe a la relativa baja densidad económica de dicho municipio, bastante comprensible, por otra parte dada su alejada situación con respecto a su CBD. El método de movilidad también sugiere la existencia de 8 subcentros potenciales, sin embargo no presenta coincidencia en ninguno de ellos con el anterior. *Según los análisis de movilidad, con excepción de Torrejón que se vincula a Alcalá, todos los "subcentros" hallados con los umbrales de densidad, en realidad forman parte del subsistema funcional central, lo que incrementa, si cabe, el peso del centro metropolitano, y en esa medida, su naturaleza monocéntrica.* Por el contrario, el análisis de la movilidad sugiere que Alcalá de Henares, Guadalajara y otros 6 municipios de menor entidad funcionan como nodos en la estructuración de los flujos pendulares.

En Barcelona, la segunda metrópoli en cuanto a tamaño, ambas metodologías coinciden en señalarla como un sistema significativamente policéntrico. Los umbrales de densidad sugieren la existencia de 12 subcentros potenciales, de los cuales 5 no pueden considerarse tales en tanto forman parte del CEC. La movilidad, en cambio señala 23 nodos de los cuales 15 podrían considerarse como pequeños<sup>37</sup>, si bien ninguno de ellos se haya en el CEC. A diferencia de Madrid, en Barcelona existen sendas coincidencias entre ambos métodos, de tal suerte que municipios como Sabadell, Terrassa, Mataró, Granollers, Martorell y SantBoi, son señalados simultáneamente por ambas aproximaciones como posibles subcentros. En el caso de los 4 primeros municipios se trata de ciudades cuyo crecimiento endógeno se remonta a la industrialización del siglo XIX, y que se habrían integrado al sistema de Barcelona por un proceso de extensión de sus respectivas áreas de mercado laboral y residencial; mientras que en el caso de los dos últimos se trata sin lugar a duda de subcentros emergentes ligados a la descentralización de la industria manufacturera del último cuarto del siglo XX.

De las metrópolis entre 1,8 y 1,2 millones de habitantes Valencia despunta, según ambos análisis, como la más policéntrica. Los umbrales de densidad identifican 5 potenciales subcentros, al tiempo que la movilidad 17 de ellos, si bien 12 de una entidad menor. Al igual que en Barcelona, existe consenso en señalar a algunos municipios como subcentros potenciales, tales como Alzira, Quart de Poblet o Almussafes. Sagunto y Torrent si bien cumplen el criterio de masa crítica, no superan la densidad de empleo media metropolitana y son descartados por el método de umbrales, a diferencia del de movilidad que los señala claramente como subcentros potenciales. A continuación, en tamaño, sigue Sevilla que presenta el nivel de policentrismo más exiguo de este grupo de metrópolis. Así, en la capital andaluza los umbrales

---

movilidad laboral en el Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid para el año 2004. Y también al distinto tamaño de los ámbitos de estudio lo que afecta tanto al umbral de masa como al de densidad.

<sup>37</sup> Como tales se han considerado los sistemas cuyos municipios cabecera no superan el umbral de masa crítica propio de cada área metropolitana y calculado de la forma en cómo se ha explicitado en la sección 3.

de densidad no identifican ningún subcentro, mientras que la movilidad sugiere 7, aunque todos ellos de menor entidad. Los más importantes son Utrera y Carmona. Bilbao, a pesar de su menor dimensión, destaca por su nivel de policentrismo. Los umbrales de densidad sugieren 6 subcentros, aunque tres de ellos (Leioa, Barakaldo y Portugalete) claramente forman parte del CEC liderado por el municipio central. Eibar y Durango son señalados como subcentros tanto por el análisis de la densidad como de los flujos laborales. En total 14 municipios son identificados como nodos en la estructura de la movilidad bilbaína.



Figura 3 Subcentros potenciales según los métodos de umbrales de densidad y de movilidad

Municipio	CEC	LTL*	POB*	Umbrales	
				GL_mod	Movilidad JR
<b>Madrid</b>					
CEC Madrid	1	1.766	3.632	1	1
Alcalá de Henares	-	59	176	-	1
Alcobendas	1	55	92	1	-
Getafe	-	53	151	1	-
Fuenlabrada	-	49	183	1	-
Móstoles	1	41	197	1	-
Torrejón de Ardoz	-	38	98	1	-
Alcorcón	1	38	153	1	-
Guadalajara	-	27	68	-	1
Coslada	1	27	78	1	-
Tres Cantos	-	25	37	1	-
Arganda del Rey	-	21	33	-	1
Aranjuez	-	13	41	-	1
Illescas	-	5	12	-	1
San Lorenzo de El Escorial	-	5	13	-	1
Añover de Tajo	-	1	5	-	1
Lominchar	-	1	1	-	1
<b>Subcentros potenciales</b>				<b>8</b>	<b>8</b>
<b>Subcentros potenciales fuera CEC</b>				<b>8</b>	<b>4</b>
<b>LTL en el CEC y en los subcentros</b>				<b>1.932</b>	<b>3.766</b>
<b>Barcelona</b>					
CEC Barcelona	1	1.043	2.372	1	1
Sabadell	-	70	184	1	1
Terrassa	-	68	174	1	1
Hospitalet de Llobregat (L')	1	67	239	1	1
Badalona	1	55	206	1	1
Mataró	-	42	106	1	1
Prat de Llobregat (El)	1	32	62	1	1
Granollers	-	32	53	1	1
Cornellà de Llobregat	1	28	80	1	1
Rubi	-	28	61	-	1
Martorell	-	25	23	1	1
Sant Boi de Llobregat	-	24	79	1	1
Vilanova i la Geltrú	-	19	54	-	1
Santa Coloma de Gramenet	1	19	113	1	1
Barberá del Vallés	-	17	26	1	1
Mollet del Vallés	-	15	47	-	1
Vilafranca del Penedès	-	14	31	-	1
Sant Andreu de la Barca	-	12	22	-	1
Blanes	-	10	31	-	1
Palau-solità i Plegamans	-	9	11	-	1
Vendrell (El)	-	9	24	-	1
Pineda de Mar	-	7	21	-	1
Sant Celoni	-	6	13	-	1
Malgrat de Mar	-	6	14	-	1
Garriga (La)	-	5	12	-	1
Sant Sadurní d'Noya	-	5	10	-	1
Cardedeu	-	4	13	-	1
Arenys de Mar	-	4	13	-	1
Hostalric	-	2	3	-	1
Arboç (L')	-	1	4	-	1
<b>Subcentros potenciales</b>				<b>12</b>	<b>23</b>
<b>Subcentros potenciales fuera CEC</b>				<b>7</b>	<b>23</b>
<b>LTL en el CEC y en los subcentros</b>				<b>1.321</b>	<b>2.789</b>
<b>Sevilla</b>					
CEC Sevilla	1	281	685	1	1
Utrera	-	11	45	-	1
Carmona	-	7	26	-	1
Mairena del Alcor	-	4	17	-	1
Brenes	-	4	11	-	1
Sanlúcar la Mayor	-	3	11	-	1
Aznalcóllar	-	1	6	-	1
Gerena	-	1	6	-	1
<b>Subcentros potenciales</b>				-	<b>7</b>
<b>Subcentros potenciales fuera CEC</b>				-	<b>7</b>
<b>LTL en el CEC y en los subcentros</b>				<b>281</b>	<b>715</b>
<b>Valencia</b>					
CEC Valencia	1	324	833	1	1
Sagunto/Sagunt	-	20	56	-	1
Torrent	-	18	65	-	1
Alzira	-	16	40	1	1
Quart de Poblet	-	14	25	1	1
Almussafes	-	13	7	1	1
Aldaia	-	12	25	1	-
Manises	-	11	26	1	-
Silla	-	9	16	-	1
Sueca	-	8	25	-	1
Picassent	-	7	16	-	1
Llíria	-	7	17	-	1
Carlet	-	6	14	-	1
Chiva	-	4	11	-	1
Buñol	-	4	9	-	1
Masamagrell	-	3	13	-	1
Alberic	-	3	9	-	1
Villanueva de Castelló	-	3	7	-	1
Pobla Llarga (la)	-	1	4	-	1
Corbera	-	1	3	-	1
<b>Subcentros potenciales</b>				<b>5</b>	<b>17</b>
<b>Subcentros potenciales fuera CEC</b>				<b>5</b>	<b>17</b>
<b>LTL en el CEC y en los subcentros</b>				<b>391</b>	<b>969</b>
<b>Bilbao</b>					
Bilbao	1	247	737	1	1
Barakaldo	1	25	94	1	1
Leioa	1	11	28	1	1
Zamudio	-	10	3	1	1
Elbar	-	10	28	1	1
Durango	-	8	25	1	1
Portugalete	1	8	51	1	1
Mungia	-	8	14	-	1
Castro-Urdiales	-	7	21	-	1
Llodio	-	7	19	-	1
Gernika-Lumo	-	6	15	-	1
Bermeo	-	5	17	-	1
Elorrio	-	4	7	-	1
Igorre	-	3	4	-	1
Ondarroa	-	3	10	-	1
Deba	-	3	5	-	1
Zalla	-	2	8	-	1
Lekintxo	-	2	7	-	1
Markina-Xemein	-	1	5	-	1
<b>Subcentros potenciales</b>				<b>6</b>	<b>14</b>
<b>Subcentros potenciales fuera CEC</b>				<b>3</b>	<b>14</b>
<b>LTL en el CEC y en los subcentros</b>				<b>276</b>	<b>805</b>
<b>Zaragoza</b>					
CEC Zaragoza	1	246	615	1	1
Figueruelas	-	9	1	1	-
Tauste	-	3	7	-	1
Almunia de Doña God	-	3	6	-	1
Zuera	-	3	6	-	1
Épila	-	2	4	-	1
Fuentes de Ebro	-	1	4	-	1
Belchite	-	1	2	-	1
Luceni	-	0	1	-	1
<b>Subcentros potenciales</b>				<b>1</b>	<b>7</b>
<b>Subcentros potenciales fuera CEC</b>				<b>1</b>	<b>1</b>
<b>LTL en el CEC y en los subcentros</b>				<b>254</b>	<b>628</b>
<b>Málaga</b>					
CEC Málaga	1	191	524	1	1
Marbella	-	61	100	-	1
Fuengirola	-	21	50	1	1
Álora	-	2	12	-	1
<b>Subcentros potenciales</b>				<b>1</b>	<b>3</b>
<b>Subcentros potenciales fuera CEC</b>				<b>1</b>	<b>3</b>
<b>LTL en el CEC y en los subcentros</b>				<b>211</b>	<b>609</b>

CEC= el municipio está en el continuo económico central  
 \* miles de personas  
 En gris están señalados los subcentros pequeños en términos de LTL de acuerdo con el criterio de masa mínima utilizado en el método de umbrales

Fuente: Elaboración propia

Las dos metrópolis restantes tienen una estructura bastante disímil a pesar de resultar comparables en cuanto al número de empleos. No resulta sorprendente que Zaragoza sea señalada como monocéntrica por ambos métodos, en tanto que desde la perspectiva de los umbrales sólo Figueruelas destaca como centro, aunque a pesar de su potente industria

Influencia de los subcentros metropolitanos en la estructura de los valores inmobiliarios y nuevos métodos de identificación

automotriz, resulta incapaz de estructurar un sistema independiente al de la capital aragonesa de acuerdo con la movilidad. Málaga, a juzgar por su número de subcentros potenciales, aparece como un sistema monocéntrico, puesto que los umbrales solo señalan a Fuengirola (debido a que Marbella a pesar de ser mayor en términos de LTL, no supera la densidad media metropolitana dado su modelo urbanístico extensivo), sin embargo, cuando se toma en consideración el peso que representan los subcentros, como se hace a continuación, el panorama cambia radicalmente.

Como se ve el simple número de subcentros potenciales no es suficiente para analizar cuan policéntrica es un área metropolitana, puesto que, como se ha observado, existen áreas en las cuales todos los subcentros se hayan por debajo del umbral de masa crítica particular para ser considerados relevantes. Por esta razón, en la figura inferior se analiza cuan concentrado está el empleo y la población en el continuo económico central y en los subcentros potenciales (que se hayan fuera de dicho continuo central) para cada área metropolitana. Sin lugar a dudas ambos métodos señalan a Barcelona como el sistema más policéntrico de los estudiados tanto por lo que se refiere al número de subcentros como a la masa global de actividad que estos concentran, a continuación sigue Valencia, y si se toman en consideración simultáneamente el número de subcentros y su “share” de empleo, continúa Bilbao en dicho ranking. Madrid, Sevilla y Zaragoza destacan como los sistemas más menos policéntricos. Málaga es un caso singular, puesto que a pesar de tener pocos subcentros, como se ha comentado antes, éstos concentran una cantidad significativa, en términos relativos, de empleo y población.

Figura 4 Estructura metropolitana según ambas metodologías

Metrópoli	LTL	Umbrales (GL mod)			Movilidad (JR)			
		LTL en CEC (%)	Subcentros pot. fuera del CEC	LTL en subcentros pot. fuera del CEC (%)	Pob en subcentros pot. Fuera del CEC (%)	Subcentros pot. fuera del CEC	LTL en subcentros pot. fuera del CEC (%)	Pob en subcentros pot. Fuera del CEC (%)
Madrid	2.446	72%	4	7%	8%	8,0	5%	6%
Barcelona	1.904	55%	7	15%	14%	23,0	22%	22%
Valencia	689	47%	5	10%	7%	17,0	20%	19%
Sevilla	448	63%		0%	0%	7,0	7%	9%
Bilbao	438	56%	3	7%	5%	14,0	15%	15%
Zaragoza	302	81%	1	3%	0%	7,0	4%	4%
Málaga	367	52%	1	6%	5%	3,0	23%	16%

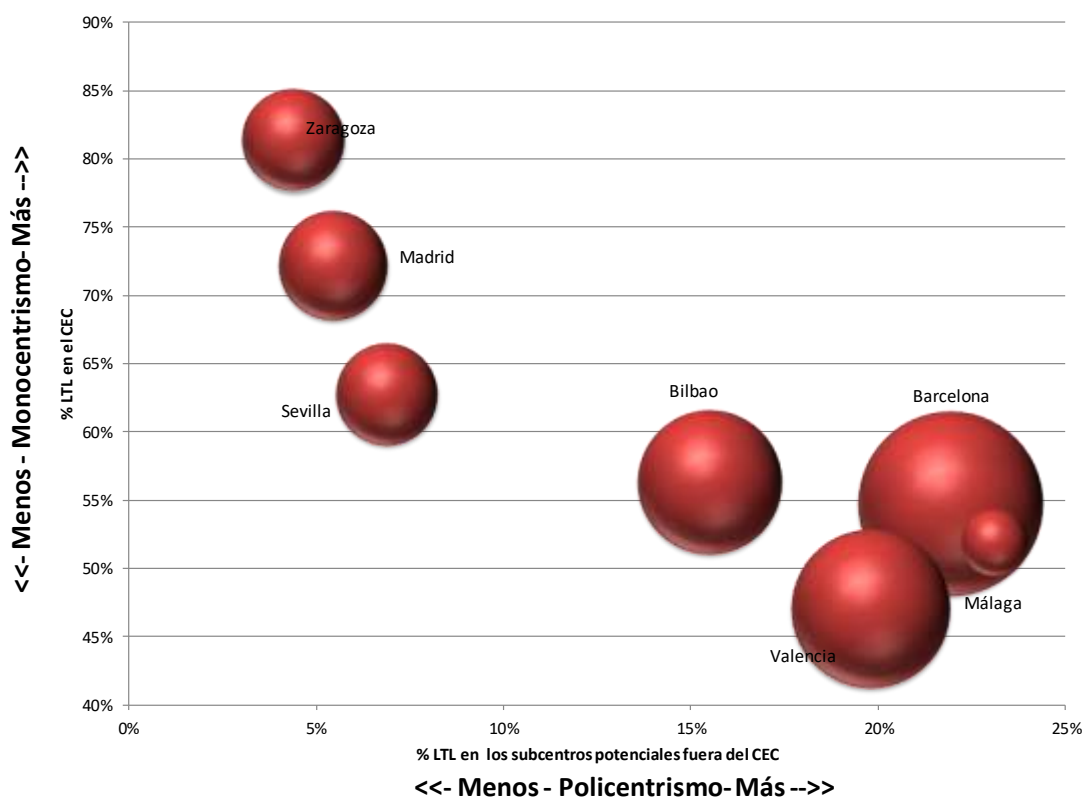
LTI en miles de personas

Sin embargo, la poca concentración del empleo en los subcentros, y por tanto el menor nivel de policentrismo no es directamente sinónimo de monocentrismo, en tanto cuanto, el empleo podría estar disperso en los municipios restantes. Es necesario, por tanto, analizar de forma integrada el peso que representa el centro y aquel imputable a los subcentros. El gráfico de la figura inferior intenta brindar una imagen multidimensional de la estructura de las metrópolis al considerar no sólo el número y el peso que representan los subcentros en términos de concentración de empleo, sino también, el peso atribuible en esa misma magnitud al centro (CEC). Dicho gráfico se ha construido sólo con los resultados del método de movilidad. Así el eje de las abscisas contiene el peso relativo de los subcentros y el de las ordenadas el del centro, el diámetro de la esfera varía en función del número de subcentros potenciales. Puede decirse que cuanto mayor es el peso del centro mayor es el nivel de monocentrismo, y cuanto mayor el peso de los subcentros mayor es el policentrismo. Así, en los extremos de esta encrucijada tenemos que:

- 1) Un sistema, distópicamente disperso, sin un centro ni subcentros claros computaría con valores bajos en ambos vectores.
- 2) Un sistema, utópicamente policéntrico, en el cual todos los núcleos (centro y subcentros) tendiesen a tener el mismo peso, y por tanto avanzasen hacia la equipotencialidad, computaría alto en el vector del policentrismo y *relativamente* bajo en el del monocentrismo.

## Influencia de los subcentros metropolitanos en la estructura de los valores inmobiliarios y nuevos métodos de identificación

Figura 5 Estructura de las metrópolis españolas según el análisis de la movilidad



El tamaño de la esfera es significativo del número de subcentros potenciales  
Fuente: elaboración propia

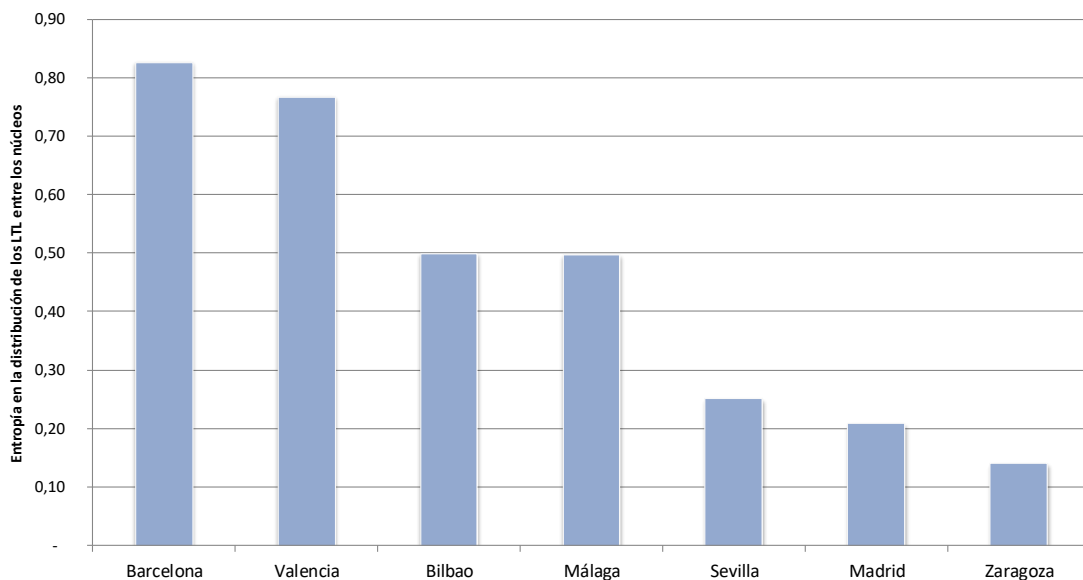
Como se ve con gran claridad se forman dos grupos de metrópolis: uno en donde el monocentrismo domina sobre el policentrismo; y otro donde el policentrismo domina sobre el monocentrismo. Zaragoza es, en efecto, la metrópoli más monocéntrica y menos policéntrica, una estructura, por otra parte, bastante comprensible dada su escala y el desarrollo histórico del poblamiento de su entorno. Madrid, a pesar de ser la metrópoli más grande, destaca como la segunda más monocéntrica y menos policéntrica, seguida de Sevilla. En el segundo grupo el orden no es tan claro, pues si bien Barcelona es la que tiene el mayor número de subcentros, y estos concentran comparativamente la mayor cantidad de empleo, su centro aún le induce un cierto nivel de macrocefalia, en cambio Valencia a pesar de que sus subcentros concentran ligeramente menos peso que en Barcelona, su centro tiene un peso ligeramente menor en relación a los subcentros. Málaga destaca como un caso excepcional, porque a pesar de su pequeña entidad, sus pocos subcentros tienen un papel importante en la concentración del empleo, al tiempo que su centro no destaca especialmente en este sentido. Y Bilbao se aproxima sensiblemente al grupo. En un intento por sintetizar en un solo indicador la estructura de las

metrópolis españolas se ha calculado el nivel de entropía de la distribución del empleo en sus núcleos (CEC y subcentros) a través del índice de Shannon<sup>38</sup> siguiente:

$$H_m = -1 * \sum_i^n PLTL_i \cdot \ln(PLTL_i) \quad (3)$$

En donde  $H$  es la entropía de la distribución del empleo entre los núcleos de la metrópolis  $m$ ,  $PLTL_i$  es la probabilidad de encontrar empleo en un núcleo  $i$ , y  $n$  es el número de núcleos. Como es habitual, en este caso, la entropía es mayor cuanto más núcleos hay y más homogéneo es el reparto del empleo entre ellos. De tal suerte que, si fuese imposible calcular  $H_m$  estaríamos frente a un sistema absolutamente disperso y por tanto sin núcleos; si  $H_m=0$  estaríamos frente a un sistema con un solo núcleo (perfectamente monocéntrico); y si  $H_m=\max$  estaríamos delante de un sistema perfectamente policéntrico, no solo por su elevado número de núcleos, sino sobre todo, por su equipotencialidad. La figura 6 compara los resultados para las siete áreas metropolitanas estudiadas. A diferencia del análisis anterior, en éste no hay lugar a dudas sobre el nivel de policentrismo de las metrópolis: Barcelona supera ligeramente a Valencia, y a su favor juega la existencia de sendos subcentros como Sabadell o Terrassa; Bilbao y Málaga se sitúan en un nivel de policentrismo similar; y muy por detrás siguen Sevilla, Madrid y, finalmente, Zaragoza.

Figura 6 Nivel de policentrismo desde la perspectiva de la entropía



Hasta ahora los análisis han permitido comparar las estructuras de las principales metrópolis españolas, desde una perspectiva bastante simple basada en el número de subcentros y el peso

<sup>38</sup> Una aproximación parecida es llevada a cabo en los trabajos del proyecto Modelcosta, dirigido por el profesor Josep Roca Cladera.

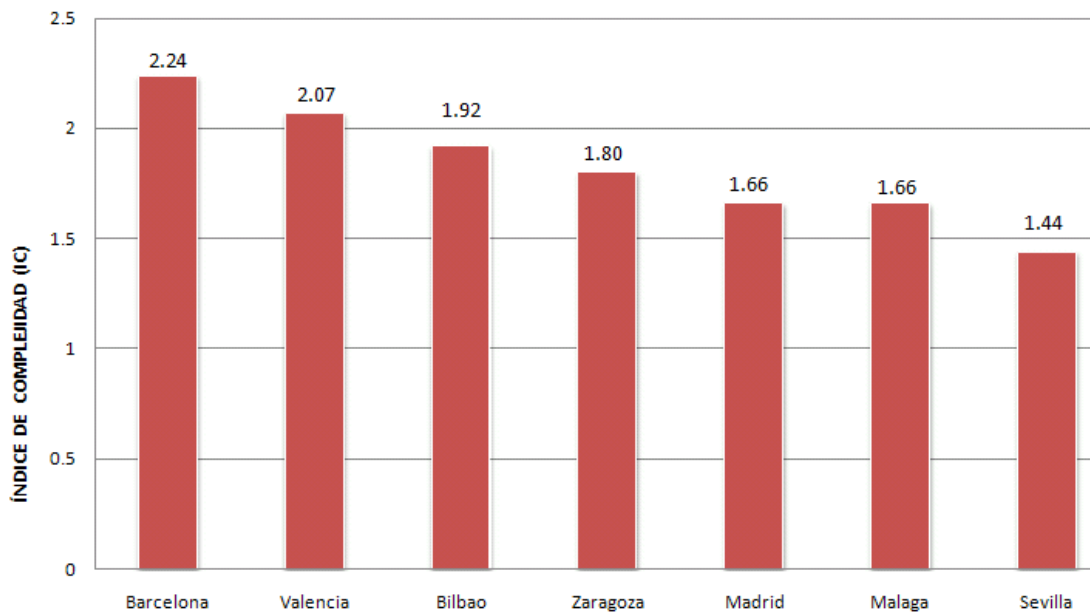
que estos, junto con el centro, representan en la concentración del empleo. Hace falta, sin embargo, analizar la forma en cómo se organizan dichas áreas metropolitanas.

## 5. Organización de la estructura metropolitana

Dado el carácter intrínsecamente constructivista del método utilizado para detectar los subcentros a través de la movilidad, es posible utilizar, los pasos intermedios, como elementos de análisis de la estructura de las metrópolis españolas. Un sistema policéntrico podría organizarse de diferentes maneras. Una forma simple consistiría en que todos los subcentros entrasen en interacción *directamente* con el centro. Una forma compleja sería aquella en la cual se crease un árbol, de tal suerte que el centro fungiese como tronco, de una estructura ramificada en la cual algunos subcentros entrasen en interacción con otros antes de gravitar hacia el centro. En este segundo modelo cuanto más ramificada fuese la estructura tanto mayor sería su complejidad. De igual manera cuanto más tardía fuese la incorporación de los subsistemas o sus ramificaciones al subsistema central, en términos de las iteraciones que han sido explicitadas en la sección 2.1, tanto más sería su relativa “independencia funcional” del centro metropolitano; acentuando esto el nivel de complejidad.

Las gráficas de las figura 7 y 8 inferiores detallan, bajo este enfoque, la estructura de las áreas metropolitanas estudiadas. Una forma de diferenciar dichas áreas, por lo que a su complejidad se refiere, es calcular el promedio del número de pasos que son necesarios para que los municipios de un sistema metropolitano interactúen directa o indirectamente con el centro. De esta forma, si el sistema tuviese un solo subsistema, entonces dicho promedio sería equivalente a la unidad, puesto que en un paso los municipios entrarían en interacción con el centro. Cuanto mayor fuese dicho promedio, tanto más complejo o arborizado sería el sistema metropolitano. Bajo este enfoque podemos decir que existe una correlación importante entre la complejidad y el policentrismo. Es decir, a mayor número de subcentros, mayor es la probabilidad de encontrar una estructura con una topología ramificada en la cual algunos de estos fungen como centralidades que intermedian entre el centro y los subsistemas más periféricos. Así, Barcelona se erige como el sistema más complejo, de manera que si bien los subcentros más maduros entran en interacción directa con el centro (p.e. Sabadell, Terrassa o Mataró), otros, cuya integración en el tiempo es más reciente, fungen como nodos intermedios tales como Vilafranca o Granollers, u otros de menor entidad como Sant Celoni, El Vendrell o Pineda. El hecho que la incorporación de estos subsistemas sea posterior, en términos de iteraciones, a la de los subsistemas maduros es significativo de su “menor grado de dependencia funcional con el centro”, lo cual resulta perfectamente coherente con el hecho de que su integración al sistema metropolitano sea más reciente, y su localización más excéntrica. Así, en Barcelona, de media el número de pasos que un municipio tarda en interactuar con el sistema central es de 2,24.

Figura 7 Complejidad de la estructura de las áreas metropolitanas



Fuente: Elaboración Propia

Valencia destaca como la segunda zona por lo que a su complejidad se refiere. Nuevamente se dibuja una estructura arbórea, si bien menos ramificada en comparación con Barcelona. En Valencia todos los subsistemas entran en interacción directa con el subsistema central, a excepción de aquellos que se adscriben primero a Villanueva, Alzira, Chiva o Sueca. Bilbao, sigue en términos de complejidad, la cual resulta menor fundamentalmente por el menor número de subsistemas que no por su nivel de arborización. Así, Ondarra, Eibar, Durango y Gernika son subsistemas que ejercen de nodos intermedios en el recorrido gravitatorio hacia el subsistema central metropolitano. Sin embargo, a diferencia de lo que ocurre con Valencia, y sobre todo Barcelona, en Bilbao todos los subsistemas entran en interacción con el centro muy rápidamente. Lo cual es significativo de la menor independencia funcional de los subsistemas, incluso aquellos ramificados.

De las cuatro metrópolis restantes menos policéntricas, el caso de Zaragoza resulta interesante, porque teniendo el nivel de policentrismo más bajo como se ha visto antes, tiene una estructura ligeramente arborizada, de tal suerte que Tauste y La Almunia de Doña Godina emergen como subsistemas intermedios en el camino de aquellos más periféricos hacia el centro metropolitano. A continuación podríamos situar, por este orden, a Madrid, Málaga y Sevilla. A pesar de que Sevilla tiene una estructura ligeramente más arbórea que Málaga, su sistema central, al ser un sistema marcadamente monocéntrico, es más grande lo que la sitúa con una complejidad inferior. En Madrid pasa algo parecido, pero este hecho se compensa por la existencia de un sistema ligeramente más arbóreo que el malagueño, al tener a Illescas como nodo intermedio.

Figura 8 Estructura de las áreas metropolitanas españolas según el análisis de la movilidad





Por tanto, como se ve, policentrismo y complejidad, a pesar de estar íntimamente relacionados, guardan ciertas diferencias. Es probable que las mismas se deriven de la forma en cómo se han creado los subcentros, es decir, por los procesos de integración o descentralización discutidos en la sección 1, sobre los cuales no se profundiza en este artículo al no contar con datos dinámicos sobre la evolución de los lugares de trabajo localizado, y por ende, de la movilidad residencia-trabajo.

## Conclusiones

La promoción del policentrismo se ha convertido en una de las estrategias más populares dentro de las políticas públicas tanto a nivel regional como metropolitano. Tanto desde la perspectiva económica, social y ambiental una estructura policéntrica posee ventajas potenciales ligadas a: la existencia de economías de aglomeración, la reducción del tiempo de los desplazamientos y el menor consumo de recursos respectivamente. En este artículo se ha realizado un análisis transversal a escala de siete de las principales áreas metropolitanas en España por tal de ver cuán policéntrica es su estructura urbana. Para ello se han empleado métodos afiliados a las dos grandes familias de técnicas de identificación de subcentros, es decir, las basadas en el análisis de la densidad y las basadas en el estudio de los flujos residencia-trabajo. De todos los métodos, el acuñado por Roca *et al.* (2005, 2009 y 2011) resuelve, mediante el “valor de interacción” basado en los flujos residencia trabajo, de manera simultánea tres tópicos presentes en el análisis de las estructuras metropolitanas: 1) la delimitación del propio sistema metropolitano, 2) la identificación de los subsistemas que lo integran así como de los potenciales subcentros que encabezan cada subsistema, y 3) la topología con la que los subsistemas se organizan para acabar gravitando hacía el centro. Los resultados de aplicar esta metodología revelan estructuras claramente diferenciadas. Así, dentro del grupo en el cual el policentrismo domina sobre el monocentrismo destacan Barcelona, Valencia y Bilbao; mientras que en el grupo en el cual el monocentrismo domina sobre el policentrismo destacan, por este orden, Zaragoza, Madrid y Bilbao. Málaga es un caso especial puesto que en pocos subcentros se concentra una parte considerable de su empleo metropolitano al tiempo que su continuo económico central no domina especialmente, lo que sitúa al sistema *más cerca* de una suerte de policentrismo equipotencial. Si bien el policentrismo, entendido como la entropía en la distribución del empleo en los núcleos metropolitanos (centro y subcentros) está íntimamente relacionado con la complejidad, entendida como el nivel de “arborización” o “ramificación” con el que los subsistemas se enlazan entre sí en su camino gravitatorio al subsistema central, ambas facetas de la estructura urbana no acaban siendo exactamente la misma cosa. En términos de complejidad Barcelona destaca especialmente, seguida por Valencia y Bilbao lo que coincide con el orden de policentrismo; sin embargo, dicho orden se trastoca en los sistemas menos policéntricos. Así Zaragoza si bien tiene pocos subcentros que tímidamente concentran parte del empleo metropolitano, tiene una estructura ligeramente arbórea, algunas de sus ramas, se resisten a gravitar al centro “hasta el último momento” lo cual es significativo de su relativa independencia, lo cual puede interpretarse como una acentuación de la complejidad de su estructura. Madrid y Sevilla poseen también alguna ramificación en su estructura metropolitana, la cual, sin embargo, queda un tanto eclipsada por el gran tamaño de su

subsistema central. Málaga es la única estructura metropolitana que no posee ramificaciones puesto que todos sus subsistemas gravitan directamente y rápidamente con el central, de tal manera que se erige como un sistema que *tiende* hacia una equipotencialidad bajo la estructura más simple de los grandes sistemas urbanos españoles.

## Bibliografía

- Alonso, W. (1964), *Location and Land Use*, Cambridge, Mass., Harvard University Press.
- Anderson, N.B. & Bogart, W.T. (2001): The Structure of Sprawl. Identifying and Characterizing Employment Centers in Polycentric Metropolitan Areas , *Journal of Economics and Sociology*, 60, pp. 147-169.
- Bertaud, A.; Malpezzi, S. (2003). The Spatial Distribution of Population in 48 World Cities: Implications for Economics in Transition. December 2003.
- Bogart, W.T. & Ferry, W.C. (1999): Employment Centres in Greater Cleveland: Evidence of Evolution in a Formerly Monocentric City , *Urban Studies*, 36, pp. 2099-2110.
- Boix, R.; Galleto, V. (2004). Identificación de Sistemas locales de trabajo y Distritos industriales en España. Dirección General de Política de la Pequeña y Mediana Empresa, MITYC (mimeo, revisión junio de 2005).
- Boix, R.; Veneri, P. (2009): Metropolitan Areas in Spain, IERMB Working Paper in Economics, nº 09, 01, March 2009.
- Bourne, L. S. (1989): Are new urban forms emerging? Empirical tests for Canadian urban areas, *The Canadian Geographer*, 4, pp. 312–328.
- Camagni, R. (1994) From city hierarchy to city network: reflections about an emerging paradigm en Juan R. Cuadrado-Roma, Peter Nijkamp, Pere Salva (eds.) Moving frontiers economic restructuring, regional development and emerging networks, Avebury.
- Casado, J.M. (2001): Los mercados laborales locales de la Comunidad Valenciana. Trabajo y Territorio. Publicaciones Universidad de Alicante.
- Castañer, M. (1994). La ciudad real en Cataluña. Las áreas de cohesión. Rev. Ciudad y Territorio, nº99, págs. 101-115.
- Clusa, J.; Bachiller, A.R.; et al. (1995). Els mercats de treball de Catalunya al final de la crisi econòmica del període 1975-1984 en Gabriel A. Palacio (coord.) Els mercats de treball de Catalunya 1981-1986-1991. Barcelona: Direcció General de Planificació i Acció Territorial (Generalitat de Catalunya); págs.5-130.
- Clusa, J.; Roca, J. (1997). El canvi d'escala de la ciutat metropolitana de Barcelona. Revista Econòmica de Catalunya, nº33, p.44-53.
- Cervero, R. & Wu, K-L. (1997). Polycentrims, Commuting and Residential Location in the San Francisco Bay Area , *Environment and Planning A*, 29, pp. 865-886.
- Champion, A.K. (2001): Changing demographic regime and evolving polycentric urban regions: consequences for the size, composition and distribution of city populations, *Urban Studies*, 38(4), 657-677
- Cheshire, P.; Gornostaeva, G. (2002). Cities and regions: comparable measures requires comparable territories. Cahiers de L'Aurif, 135; pp. 13-21.

Christaller, W. (1933) *Die Zentralen Orte in Suddeutschland*, Gustav Fischer Verlag, Jena ; trad. It: *le località centrali della Germania meridionale*, Milán, 1981.

Craig, S.G. & Ng, P.T. (2001): Using Quantile Smoothing Splines to Identify Employment Subcenters in a Multicentric Urban Area, *Journal of Urban Economics*, 49, pp. 100–120.

Coombes, M. & Openshaw, S. (1982): The use and definition of travel-to-work areas in Great Britain: some comments, *Regional Studies*, 16, 141–149.

Dematteis, G. (1998). Suburbanización y periurbanización. Ciudades anglosajonas y ciudades latinas, en *La ciudad dispersa*, Editado por F. J. Monclús, Centro de Cultura contemporánea Barcelona, Barcelona.

Emmanuel, C.; Dematteis, G. (1990). *Reti urbane minori e desconcentrazione metropolitana nella Podania centro-occidentale* en D. Martellato y F. Sforzi (eds) *Studi sui sistemi urbani* pp. 233-261. Milano Franco Angeli.

ESPON (2006). *Espon Atlas: Mapping the structure of the European territory*. Federal Office for Building and Regional Planning, Bonn. Germany.

Feria, J.M.; Susino, J. (2005). *Movilidad por razón de trabajo en Andalucía. Dimensiones básicas y organización espacial*. Instituto de Estadística de Andalucía.

Feria, J.M. (2008): Un ensayo metodológico de definición de las áreas metropolitanas de España a partir de la variable residencia-trabajo. *Investigaciones Geográficas*, Instituto Universitario de Geografía, Universidad de Alicante, nº46; 49-68.

Feria, J.M. (2009). La delimitación y organización espacial de las áreas metropolitanas españolas: una perspectiva desde la movilidad residencia-trabajo. *Ciudad y Territorio – Estudios Territoriales*, pp. 189-210.

Gallo, M.; Garrido, R.; Vivar, M. (2010): *Cambios territoriales en la Comunidad de Madrid: policentrismo y dispersión*. EURE. Vol.36. Nº107. Pp-5-26.

García-López, M.A. (2007). Estructura Espacial del Empleo y Economías de Aglomeración: El Caso de la Industria de la Región Metropolitana de Barcelona, *Architecture, City & Environment*, 4, pp. 519-553.

García-López, M.A. (2008). Manufacturas y servicios en la RMB, cambios en la estructura espacial de su empleo; *Revista de Estudios Regionales*, 83, pp 197-224.

Giuliano, G. & Small, K.A. (1991). Subcenters in Los Angeles Region, *Regional Science and Urban Economics*, 21, 163-182.

Giuliano G. ; Redfearn C.L. (2007). Employment concentrations in Los Angeles, 1980–2000, *Environment and Planning A*, 39 (12), pp. 2935–2957.

- Gordon, P., Richardson, H.W. & Wong, H.L. (1986). The distribution of population and employment in a polycentric city: the Case of Los Angeles, *Environment and Planning A*, 18, pp. 161-173.
- Gordon, P., Richardson, H.W. & Giuliano, G. (1989). Travel Trends in Non-CBD Activity Centers. Washington, D.C: Urban Mass Transit Administration. U.S. Department of Transportation. Report CA-11-0032.
- Gordon, P. & Richardson, H.W. (1996): Beyond Polycentricity: the Dispersed Metropolis, Los Angeles 1970-1990, *Journal of American Planning Association*, 62, pp. 289-295.
- Henderson, V.; Shalizi, Z.; Venables, A. (2000). Geography and Development; WP World Bank, WP2456.
- Indovina, F. (1990). "La città possibile" en la città di fine milenio. Milano, Franco.
- Julien, P. (2000). Mesurer un univers urbain en expansion. Rev. Economie et Statistique, nº336; págs. 3-33.
- Launhardt, 1885. W. Launhardt, Mathematisch-Begründung der Volkswirtschaftslehre. , Teubner, Leipzig (1885).
- Marmolejo, C.; Aguirre, C.; Ruiz, M.; (2010a). ¿Hacia un sistema de metrópolis españolas policéntricas?: caracterización de su estructura metropolitana?. 6CTV Mexicali 2010.
- Marmolejo, C.; Aguirre, C.; Roca, J. (2010b): Revisiting employment density as a way to detect metropolitan subcentres: an analysis for Barcelona & Madrid. Congreso de la European Regional Science Association (ERSA), 1-24
- Martinotti, G. (1991). La población de la nueva morfología social metropolitana. En Borja, J. et alía Las Grandes ciudades en la década de los noventa, págs. 65-141. Madrid, Ed, Sistema.
- McDonald, J.F. (1987). The Identification of Urban Employment Subcenters, *Journal of Urban Economics*, 21, pp. 242-258.
- McDonald, J.F. (2009). Calibration of a monocentric city model with mixed land use and congestion *Regional Science and Urban Economics*, Volume 39, Issue 1, January 2009.
- McDonald, J.; McMillen, D. (1990). Employment Subcenters and Land Values in a Polycentric Urban Area: the Case of Chicago, *Environment and Planning A*, 22, pp. 1561-1574.
- McDonald, J.; Prather, P. (1994). Suburban employment centres: The case of Chicago, *Urban Studies*, 31, pp. 201-218.
- McMillen, D.; McDonald, J.F. (1997). A Nonparametric Analysis of Employment Density in a Polycentric City, *Journal of Regional Science*, 37, pp. 591-612.
- McMillen, D. (2001a). Non-Parametric Employment Subcenter Identification, *Journal of Urban Economics*, 50, pp. 448-473.

---

Influencia de los subcentros metropolitanos en la estructura de los valores inmobiliarios y nuevos métodos de identificación

- McMillen, D. (2001b). The centre restored: Chicago's Residential price gradients reemerges *Economic Perspectives*, 2Q/2002.
- McMillen, D. (2003a). Employment subcentros in Chicago: Past, Present and future *Economic Perspectives*, 2Q/2003
- McMillen, D. (2003b). The return of centralization to Chicago: Using repeat sales to identify changes in house price distance gradients, *Regional Science and Urban Economics*, 33, 287-304.
- McMillen, D.; Smith, S. (2003). The number of subcenters in large urban areas, *Journal of Urban Economics* nº 53, pp. 321-338.
- Mills, E. (1967). *Studies in the Structure of the Urban Economy*. London, John Hopkins Press.
- Mills, E.; Hamilton, B.W. (1984). Urban Economics, cap. Studies in the Structure of the Urban Economy Scott.Foresman. Glenview IL.
- Ministerio de Vivienda (1965). Áreas metropolitanas en España en 1960. Dirección General de Urbanismo. Madrid.
- Ministerio de Vivienda (1967). Áreas metropolitanas en general en España. Secretaria General Técnica. Madrid.
- Ministerio de Vivienda (2000). Atlas estadístico de las áreas urbanas en España. Madrid.
- Ministerio de Vivienda (2005). Atlas estadístico de las áreas urbanas en España 2004. Madrid
- Ministerio de Vivienda (2007). Atlas estadístico de las áreas urbanas de España. 2006, Centro de Publicaciones de Ministerio de Vivienda. Madrid.
- Muñiz, I.; García-López, M.A (2009). Policentrismo y sectores intensivos en información y conocimiento, *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales*, 160
- Murphy, P. 2003. Preliminary 2006 Census Metropolitan Area and Census Agglomeration Definition. Statistic Canada, Geography Working Paper Series; nº2003-2002.
- Nel-lo, Oriol (2001). Ciutat de ciutats . Barcelona, Ed. Empúries.
- NUREC (1994). Atlas of Agglomerations in the European Union. Part of an Integrated Observation System. Volume I, Volume II, Volume III. Network on Urban Research in the European Union. Duisburg 1994.
- OMB (2000). Office of Management and Budget. Part IX. Standards for Defining Metropolitan and Micropolitan Statistical Areas; Notice, Federal Register.
- Pain, K; Hall, P. (2006). The Polycentric Metropolis. Learning from mega-city regions in Europe. Earthscan.
- Pena Trapero, J.B. (1977). Problemas de medición del bienestar y conceptos afines. Una aplicación al Caso Español, Madrid. I.N.E.

- Pillet, F.; et al. (2010). El policentrismo en Castilla-La Mancha y su análisis a partir de la población vinculada y el crecimiento demográfico. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*. Universidad de Barcelona. Vol. XIV, núm. 321.
- Redfearn, C.L. (2007). The Topography of Metropolitan Employment: Identifying Centers of Employment in a Polycentric Urban Area *,Journal of Urban Economics*, 61, pp. 519-561.
- Roca, J (2004): La explosión urbana: presente y futuro de las metrópolis. *Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales*, nº 141-2; pp. 501-503.
- Roca, J.; Moix, M. (2005). The Interaction Value: Its Scope and Limits as an Instrument for Delimiting Urban Systems *, Regional Studies*, 39, pp. 359-375.
- Roca, J.; Marmolejo, C. (2006) : “Hacia un modelo teórico del comportamiento espacial de las actividades de oficina.” *Scripta Nova. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales*. Barcelona: Universidad de Barcelona, 15 de julio de 2006, vol. X, núm. 217.
- Roca, J.; Marmolejo, C.; Moix, M. (2009).Urban Structure and Polycentrism: Towards a redefinition of the sub-centre concept, *Urban Studies*, volume 46 (Forthcoming)
- Roca, J.; Arellano,B.; Moix,M. (2011-forthcoming): Estructura urbana, Policentrismo y Sprawl, los ejemplos de Madrid y Barcelona. *Ciudad y Territorio*.
- Rubert, J.J. (2005). El distrito industrial de la cerámica y la estructura urbana de Castelló, en Ana María Fuertes (Dir.) “El distrito industrial de la cerámica”. Fundación Davalos-Fletcher.
- Ruiz, M.; Marmolejo,C. (2008). Hacia una metodología para la detección de subcentros comerciales: un análisis para Barcelona y su área metropolitana. *ACE*. 2008, Año III, núm.8
- Shearmur, R.; Coffey, W.J. (2002). A Tale of Four Cities: Intrametropolitan Employment Distribution in Toronto, Montreal, Vancouver, and Ottawa-Hull, 1981-1996 *,Environment and Planning A*, 34, pp. 575-598.
- Salvador, N.; Mora, C.; Salvat,E. (1997). “La región urbana funcional de Barcelona en el contexteuropeu”. *Revista Econòmica de Catalunya*, nº33.
- Serra, J.; Otero, M.; y R. Ruiz (2002): *GransaglomeracionsmetropolitansEuropees*. IRMB.
- Suarez,M.; Delgado, J. (2009). Is Mexico City Polycentric? A trip attraction capacity approach, *Urban Studies*, Volume 46(10), P 2187-2211.
- Thünen, von J. (1826): *Der Isoliete in Beziehung auf Landwirtschaft und nationalökonomie*. Hamburgo, Puthes.
- Trullén, J.; Boix, R. (2000). La ampliación del área metropolitana de Barcelona y su creciente interacción con las áreas metropolitanas de Tarragona, Lleida y Girona. *Avance de resultados. Ajutament de Barcelona* (mimeo).
- UrbanAudit (2008). [www.urbanaudit.org](http://www.urbanaudit.org)

Influencia de los subcentros metropolitanos en la estructura de los valores inmobiliarios y nuevos métodos de identificación

White, M.J. (1976): "Firm Suburbanization and Urban Subcenters". *Journal of Urban Economics*, 3, pp. 323.





### ANEXO 3

En el presente anexo, se organizan las publicaciones en congresos que se han dejado afuera de cálculo del puntaje, pero que se entienden en el proceso de investigación. En este anexo, estarán las que se encuentran en la línea principal de trabajo.

#### Artículos en actas de congresos

Publicación:	EFECTOS DE LOS SUBCENTROS URBANOS EN LOS VALORES INMOBILIARIOS. ESTUDIO DEL CASO DE LA REGIÓN METROPOLITANA DE BARCELONA	
Código	C1	
Autor	Carlos Aguirre Núñez Carlos Marmolejo Duarte	
Año	2009	
Consideraciones	Congreso	CTV
	Editorial	CPSV

En este trabajo, se busca explorar las diferentes formas de determinar los subcentros metropolitanos en una realidad policéntrica. Se plantea un método integrado de identificación, colocando un proceso de validación de subcentros, mediante tres aspectos, la densidad de trabajadores, la movilidad de los trabajadores y la explicación de los valores inmobiliarios.

En ese sentido, se prueban 10 métodos de identificación de subcentros, los cuales van desde los métodos de análisis econométricos a análisis de modelos gravitacionales y espaciales. Se prueba además dos versiones de densidad de trabajadores, presentando una densidad denominada vectorial que es la norma del vector construido con la densidad de trabajadores entrantes y trabajadores residentes.

El método permite establecer un conjunto de 15 municipios que actúan como subcentros metropolitanos, explicando la densidad, la movilidad y la formación espacial de los valores inmobiliarios.

**Palabras clave:** Subcentros, Estructura urbana, Región metropolitana de Barcelona

## Introducción

Bajo el modelo monocéntrico, caracterizado por un claro dominio del CBD en términos de concentración del empleo, florecieron las principales teorías de la economía urbana. Entre ellas, destaca la de la renta ofertada (*bid rent*), que establece una relación de inversa proporcionalidad (*trade-off*) entre la renta que los localizadores están dispuestos a transferir al suelo, y el coste del transporte (incluido el valor del tiempo). De manera que las localizaciones más accesibles, es decir las más céntricas en el modelo monocéntrico, son precisamente aquellas cuyos suelos reciben más renta (i.e.: en dónde se crea el pico más alto del valor del suelo). Sin embargo, el paradigma actual de los sistemas urbanos metropolitanos se encuentra abismalmente alejado del modelo monocéntrico, entre tanto: a) el CBD no suele concentrar la mayor cantidad del empleo metropolitano, y b) el resto del empleo o bien se encuentra disperso o bien aglomerado en subcentros. La progresiva aparición y consolidación de sistemas complejos, en parte dispersos y en parte policéntricos, ha sido pues, la línea de desarrollo urbano de las últimas décadas del siglo XX. Por esta razón McMillen y Schmith (2003), afirman que las ciudades ya no son monocéntricas, por lo cual los modelos basados en Alonso (1964) y Muth (1969) deberían ser revisados y revisitados desde sus supuestos básicos.

Así las realidades monocéntricas han dado paso a ciudades con diferentes subcentros en diferentes grados de policéntrismo. Es por eso, que esta investigación explora los métodos de detección de subcentros, existentes en la literatura y plantea una propuesta de validación ya que según la definición adoptada por los autores, los métodos tradicionales no rescatan la totalidad de los aspectos que subyacen en un subcentro.

### 1. Los Subcentros Urbanos y su función en el territorio

Un subcentro es un punto en el espacio metropolitano caracterizado no solo por tener una densidad de trabajadores sensiblemente superior a la de sus vecinos, sino y sobre todo, por ser capaz de ejercer una influencia sobre su entorno. Dicha influencia puede verse reflejada mediante el flujo de trabajadores o compradores que acuden a él desde sus residencias, o por una modificación del manto de valores y de intensidad de uso del territorio alrededor de él. Un subcentro también debería ser un punto de referencia en el territorio con una fuerza identitaria tal capaz de ser reconocible por su vecindario.

Desde los primeros modelos espaciales, como el de von Thünen de 1826, hasta los de Krugman y Fujita, la auto-organización del espacio se ha planteado mediante la integración de tres procesos íntimamente relacionados entre sí, a saber: 1) la formación espacial de la renta del suelo, 2) la configuración de usos del suelo, y 3) la intensidad de uso del espacio. Valor, uso y densidad son, por tanto, las tres caras de una misma moneda; en cuyo

trasfondo subyacen los costes de transporte-tiempo erogados al superar el espacio y las externalidades de aglomeración que, como propiedad emergente, surgen de la concentración de localizadores. En este sentido, Betaud (2002) ha enfatizado que las fuerzas que forman y mantienen el subcentros están en relación con la eficiencia y eficacia del sistema de transporte. White (1999), ha señalado que en el proceso de generación de subcentros existen factores exógenos y endógenos importantes, como las economías de aglomeración.

O'Sullivan (2007) ha sugerido, por su parte, que la jerarquía de los subcentros es una función del tipo de actividades que concentran y de la intensidad con la que se concentran.

Desde la perspectiva de la densidad de trabajadores la naturaleza de los subcentros, se encontrará definida por su capacidad de atracción de estos territorios como centros laborales y por ende de viajes obligados, en reemplazo al CBD (Central Business District, o distrito central de negocios).

Bertaud (2002), Plantea las diferencias entre las ciudades monocéntricas y policéntricas dependerá del nivel de reemplazo o sustitución en los destinos de los patrones de viajes obligados, y que ninguna ciudad es 100% monocéntrica ni 100% policéntrica. En un intento de clasificación define de forma teórica, en 4 grandes estadios:

- 1.- Una ciudad con preponderancia del CBD y sin subcentros identificables, la mayoría de los viajes se concentran en desde la periferia hacia el CBD. Esta categoría sería la ciudad monocéntrica.
- 2.- Una ciudad donde el CBD y los subcentros ejercen lazos de fuertes de atracción de trabajadores y existe atracción de los subcentros entre sí, pero en menor grado. (Urban Village, ideal de planeación)
- 3.- Una ciudad basada en un sistema policéntrico equipotencial, donde no existe una preponderancia del CBD respecto a los subcentros, ni entre estos últimos. Esta categoría sería la ciudad policéntrica.
- 4.- Una ciudad a medio camino entre las monocéntricas y las policéntricas. Este modelo corresponde a jerarquías no bien definidas, ya que el CBD mantiene su jerarquía atrayendo los viajes, pero los subcentros también compiten con él, aunque no de forma equipotencial.

Desde esa óptica, los métodos de identificación y validación de subcentros, deberían ser lo suficientemente robustos para que establecer estas jerarquías y aún más permitir que esta diferencia de potencial sea considerado en su validación.

## 2. Estado del arte

En la literatura existen dos familias de métodos diseñadas para detectar subcentros laborales (véanse los excelentes estados del arte realizados por Muñiz, 2003 y 2005; y Roca, et al. 2010) La primera basada en el análisis de la distribución de la densidad (p.e.: puestos de trabajo/superficie urbanizada) y la segunda es funcional y está basada el análisis de la movilidad (p.e.: residencia-trabajo). Ambas tienen caminos convergentes, ya que dan cuenta del mismo fenómeno, pero con matizaciones particulares.

White(1999), establece una definición de modelos de identificación que consideran factores exógenos y endógenos a la formación de los subcentros, siendo los que estudian el empleo y su localización/deslocalización los exógenos y al contrario los endógenos se deben a la interacción entre las economías de aglomeración y los costos de transporte.

En esa lógica, Roca, et al (2010) y Muñiz, (2003) y (2005) establecen una clasificación de métodos basados en los criterios de identificación, desde las funciones de densidad, pero en ambos casos difieren en el análisis por sus diferentes aproximaciones. Mientras Muñiz (2003) comprueba que Barcelona es una ciudad policéntrica y presenta los riesgos de una expansión, sin ejercer un análisis crítico de los modelos, Roca et al (2010), presentan una conclusión contundente al asociar la identificación de los subcentros a la movilidad entre residencia y trabajo.

La Tabla 1, presenta una propuesta de organización en base a los métodos de identificación de subcentros, dejando de lado, los métodos que no cuentan con un rigor estadístico<sup>1</sup>. Desde la familia de la densidad, observamos cinco métodos, que van desde la simple observación de los puntos con mayor valor de densidad, al establecimiento de umbrales de densidad al los basados en las regresiones paramétricas y no paramétricas, los que se refieren a os indicadores de econometría espacial. Por otro lado, los métodos basados en la movilidad de trabajadores, presentan un desarrollo más escaso, centrándose principalmente en los flujos de movilidad obligada (commuting) para su análisis. Un buen ejemplo de los primeros métodos lo encontramos en McMillen (2001) donde hace mención a las ventajas de los umbrales definidos por Gulianno y Small(1991), dado que al combinarlo con un conocimiento de la realidad a analizar, es fácil y eficaz. El objetivo de aquel estudio era incorporar efectos temporales, su discusión del caso de Chicago del 1970 a 2020 (McMillen y Lester, 2003), donde el modelo de umbrales es particularmente útil por su

---

<sup>1</sup> McMillen (2003), plantea una clasificación en dos ámbitos, uno de conocimiento empírico previo a la identificación, un segundo asociado a métodos con mayor rigor estadístico.

facilidad de utilización para una zona donde el corte del umbral es conocido. En el caso de la movilidad, los subcentros de la región metropolitana de Barcelona, Roca et al(2010), identificados como de protosistemas urbanos, en base a la máxima interacción entre ellos, rescatando a Gordon y Richardson (1986) y basados en el índice de interacción de Coombes y Openshaw(1982), resulta altamente ejemplificador de la potencia de esta familia de métodos.

El primer punto débil, desde este análisis, para identificar y validar los subcentros, es la estanqueidad de los métodos y su estructuración. Esto se entiende desde el poco dialogo y complementariedad que muestran al estar basados en variables netamente econométricas o las relacionadas con la movilidad. De hecho, es común que los factores de lugares de trabajo localizados estén no diferenciados los trabajadores residentes y los trabajadores que llegan desde otros lugares o salen a trabajar a otros territorios con lo cual la forma de ver el subcentro pierde riqueza.

Una solución a esto sería la generación de medidas de densidad que permitan incorporar estas dimensiones, con lo cual esta pequeña salvedad, podría mejorar las estimaciones de de densidad de trabajo, permitiendo la identificación más certera de subcentros, donde los territorios más densos se encuentren definido desde varios ángulos.

La especialización de los métodos resulta también sujeto de controversia. Si bien es una ventaja que se especialice la técnica, en particular los modelos econométricos, resulta muy difícil su aplicación a varias realidades diferentes. De hecho, McMillen(2003), reconoce de forma certera que el método de Gulianno y Small, es el más fácil de ocupar para comparar ciudades, dado que su agregación permite el desarrollo de puntos anómalos de densidad. En ese sentido, la simpleza y parsimonia de un método de identificación resultaría muy atractiva si se combina con su eficacia. Desde esta perspectiva, los modelos de identificación y validación de subcentros, requieren de una adaptación y a su vez de una organización crítica de sus supuestos y validaciones.

En una mirada crítica a la revisión del estado del arte, se plantea:

1. En primera instancia a pesar de que la densidad de empleo y los flujos de trabajadores son dos caras de un mismo proceso, ambas informaciones aportan aspectos cualitativos diferentes, el primero da cuenta, por ejemplo, de la intensidad con la que se usa el espacio de destino; mientras que el segundo la fuerza con la que se unen destinos y orígenes. Ambas familias han analizado estancamente estos aspectos y muy pocos esfuerzos se han hecho para generar criterios combinados movilidad-densidad.
2. La especialización de los métodos resulta también sujeto de controversia. Si bien es una ventaja que se especialice la técnica, en particular los modelos econométricos, resulta muy difícil su aplicación a varias realidades diferentes. De hecho, McMillen (2003),

reconoce de forma certera que el método de Gulianno y Small, es el más fácil de usar cuando se quiere comparar ciudades. En ese sentido, la simpleza y parsimonia de un método de identificación resultaría muy atractiva si, además, fuese eficaz.

3. El tratamiento agregado de la densidad, no permite distinguir la densidad que se genera por los trabajadores (*commuters*) que llegan desde otras localizaciones, de aquella densidad endógena que se genera por la población ocupada que se queda a trabajar en el mismo sitio (*resident workers*); por esta razón no se puede, mediante este tratamiento agregado distinguir las localizaciones que son densas porque atraen un flujo importante de trabajadores pero a la vez retienen una cuantía importante (subcentros maduros que estructuran el territorio), de aquellas que son densas sin atraer prácticamente flujos (p.e.: un cuartel militar, es decir, accidentes de densidad sin relaciones estructurantes con su alrededor) ni de aquellos que son densos sin tener o retener a su población ocupada residente (p.e.: un polígono industrial)

#### 4. Estudio de caso, datos y modelos

En este artículo se ponen en práctica la mayor parte de técnicas de identificación basadas en la densidad, tanto por umbrales, como por modelos econométricos; y además, se propone una nueva forma de ver la densidad, que permite subsanar la crítica del punto 3.

Nuestro caso de estudio es la Región Metropolitana de Barcelona: esta cuenta con 164 municipios, 3.200 kilómetros cuadrados, 551 kilómetros cuadrados artificializados<sup>2</sup>. Se realiza un corte transversal con la información de los Lugares de Trabajo Localizados a nivel de municipios (LTL), obtenidos en base a la movilidad laboral consultada en el Censo de Población y Vivienda, realizado por INE en el año 2001. Estos Lugares de trabajo localizados se utilizan como sinónimo de empleo en la estimación de los modelos enunciados.

En la figura 2, se muestra la relación entre la densidad de trabajadores residentes (que es la cantidad de LTL que viven y trabajan en el municipio dividido por su superficie artificializada) y la densidad de trabajadores entrantes (que es la cantidad de LTL que trabajan en el municipio y vive fuera de este, dividido por su superficie). En ella se intuyen agrupaciones de municipios por sobre la línea de igualdad separando a los municipios conocidos como ciudades satélites de Barcelona, por ejemplo, Cornellà de Llobregat, Esplugues de Llobregat, en la parte superior y municipios reconocidos como centros urbanos consolidados, como Badalona, Mataró, y Sabadell, en la parte inferior.

Esto último, además de las críticas al estado del arte, sustentan la necesidad de construir una medida de densidad vectorial para los casos de estimación de curvas de regresión,

---

<sup>2</sup> Se denominan artificializados, a los terrenos que cuentan con una transformación efectiva del suelo, por parte del Ser Humano, Este cálculo se hace según información de análisis espectral de las fotos satelitales, realizados en el CPSV-UPC.

correspondiendo a la norma de un vector entre la densidad de trabajadores residentes y entrantes, con miras a captar el efecto de los centros que de por si son vertebradores del territorio y no solamente polígonos industriales, grandes centros de empleo, o ciudades dormitorio. En este trabajo se establecerá una primera aproximación a este fenómeno al considerar la norma del vector, es su forma cartesiana, compuesta por la densidad de trabajadores residentes y los entrantes.



Tabla 1. Organización de los modelos de identificación

Metodología	Referencia	Variable	Criterio	
Picos de densidad de empleo en zonas contigua	McDonald (1987)	Densidad e Empleo y Población	Dos indicadores: Densidad bruta ocupación y ratio empleos-población	
	McDonald y Mc Millen (1990)	Densidad e Empleo y Población	Identificación de picos de densidad mediante SIG	
	Guliano y Small(1991)	Densidad de empleos	D empleo >25 empleos/ha Empleos >10.000	
	Song (1992)	Densidad de empleos	D empleo>37 empleos/ha Empleos >35.000	
	Cerveró y Wu(1997)	Densidad de empleos	D empleo>17 empleos/ha Empleos >10.000	
	Umbrales	McMillen y McDons (1998)	Densidad de empleos	D empleo>25 empleos/ha Empleos >10.000 Gradiente desde subcentro, negativa y significativa
		Bogart y Ferry(1999)	Densidad de empleos	D empleo>20 empleos/ha Empleos >10.000
		McMillen y Lester (2003)	Densidad de empleos	De=15 empleos/acre L=10000
		Garcia Lopez(2007)	Densidad de empleos	LTL superior al 1% del sistema Densidad mayor a la media del sistema
	Métodos paramétricos	McDonald y Prather (1994) Roca (2010)	Densidad e Empleo y Población	Función exponencial negativa y residuos positivos significativamente>0
Métodos no paramétricos	McMillen y McDons (1998)	Densidad de empleos	Estimación no paramétrica (LWR)distribución densidad bruta de empleo	
	McMillen(2001)	Densidad de empleos	Estimación no paramétrica (LWR)distribución densidad bruta de empleo en dos etapas	
Econometría espacial	Baumont y Le Gallo(2004)	Densidad de empleo	Índices de Moran anormales en Análisis LISA	
	Guillam(2004)	Densidad e Empleo y Poblacion	Índices de Moran Local y Total	
Flujos de movilidad	Gordon Y Richarson(1986)	Flujos de commuting	Significancia de la movilidad de los subcentros Áreas con una densidad de generación de viajes> 0.8 desviación estándar	
	Burns et al (2001)	Saldo viajes residencia-trabajo	Saldo neto positivo	
	Roca (2010)	Flujos de commuting	Agregación Indices de interacción para definir protosistemas	
Condiciones de movilidad laboral				

Fuente: Elaboración propia en base a Roca, *et al* (2010), Muñiz(2003)

Para la identificación de los subcentros, se seleccionan 10 metodologías, que se muestran en la Tabla 1, donde se obtienen los 10 grupos de candidatos a subcentros metropolitanos. La singularidad de la densidad de trabajadores localizados, la influencia que tiene sobre el entorno y su acción en territorio, manteniendo el criterio de Roca, et al. (2007).



que sean robustos y que pretendan explicar de mejor forma el fenómeno o fenómenos a tratar.

En ese sentido, resulta conveniente establecer algunas condiciones de aceptación para los modelos de densidades y precios. La primera, nace de la naturaleza de los métodos de estimación involucrados, en primera instancia, se busca determinar una función de gradiente negativa y exponencial negativa, al menos, en los modelos de densidad.

Para ello este análisis se realizará mediante una estimación de máxima verosimilitud, donde se evaluará la normalidad y media de los residuos, y que los factores sean significativos. Estas curvas permitirán encontrar los puntos de mayores residuos positivos y en ellos identificar candidatos a subcentros.

Al contrario, en los modelos de precios hedónicos, se utilizará los mínimos cuadrados ordinarios y los modelos de Spatial Lag, OLS ponderados y Spatial error. En todos ellos, se evaluará su ajuste, la consistencia teórica de los estimadores, la significancia de la regresión y sus estimadores, la no multicolinealidad de estimadores y la heterocedasticidad de los residuos.

**Tabla 2. Organización de los modelos de identificación. Propuestas a evaluar**

Familia	Referencia	Nombre	Variable Base	Criterio
<b>Densidad</b>	McDonald y Prather (1994)	Modelos de regresión paramétricas Exponenciales Logarítmicas y gravitacionales	Densidad e Empleo y Población	Función exponencial y gravitatoria, negativa y residuos positivos mayores a una desviación estándar
	Guliano y Small(1991)	Umbrales	Densidad de empleos	D empleo>25 empleos/he Empleos >10.000
	Garcia Lopez(2007)	Umbrales	Densidad de empleos	LTL superior al 1% del sistema Densidad mayor a la media del sistema
	Anselin,(2001) Mc Millen (2004)	Regresiones no paramétricas Spatial Lag	Densidad de empleos	Función exponencial(LN) negativa y residuos positivos mayores a una desviación estándar
<b>Movilidad</b>	Isard(1957)	Modelo gravitacional restringido en origen	Flujos de trabajadores	Municipios que presenten más flujos o LTL que los asignados por el modelo

Fuente: Elaboración propia con base en Roca, *et al* (2010),Muñiz(2003), Aguirre(2009)

**Tabla 3. Asociación de la definición de sub-centro a la metodología empleada**

<b>Dimensión</b>	<b>Eta de aplicación</b>	<b>Forma de aplicación(Criterio)</b>	<b>Medio de comprobación</b>
Un punto singular de densidad	Identificación de candidatos	Puntos anómalos de densidad	Set de subcentros
Que ejerce un aumento en la densidad de su entorno.	Validación	Aumento del R <sup>2</sup> de una regresión paramétrica o espacial	Mantos de densidad según regresiones paramétricas
Que es un vertebrador del territorio metropolitano	Identificación	Recepción de mas flujos de los estimados por un modelo metropolitano	Set de subcentros gravitatorio
	Validación	Ranking de los Indicadores Aumento de R <sup>2</sup> en una regresión hedónica	Indicadores de movilidad, interacción. Regresión de precio hedónico, explicación del los precios en base a la presencia de los subcentros

Fuente: Elaboración propia

## 5. Resultados y discusión

Los diferentes métodos establecidos, se identificaron diferentes grupos de subcentros, asociados cada uno de los criterios expuestos en la Tabla N° 2. Tal como se esperaba, los modelos con la densidad vectorial, establecen un número diferente de subcentros que los de densidad de LTL habitual.

Los modelos exponenciales, no muestran una diferencia significativa entre los candidatos a subcentro según la densidad de LTL y la Vectorial, ya que cuentan con la misma cantidad de subcentros identificados y solo presentan un municipio de diferencia: L'Hospitalet de Llobregat.

Además, los modelos estimados no son eficientes en la generación de un punto inicial con residuo bajo y que permita la conformación del manto de densidad, ya que en CBD debe ser el origen de la regresión exponencial y en particular el punto asintótico de la función exponencial negativa, replicando una condición de monocentrismo.

Los modelos exponenciales gravitacionales muestran resultados muy diferentes cuando se calibran con densidad de LTL o vectoriales. En el caso de la densidad, el modelo elige zonas compactas donde aparecen agrupaciones de municipios que forman subcentros.

Este proceso queda más en evidencia, al analizar la regresión de la densidad vectorial, donde se identifican algunos de estos municipios, que forman aquellas zonas. Por otro lado, ambos modelos eliminan Barcelona como subcentro, ya conforman su ecuación en base a este punto.

En ese sentido, se puede establecer que los modelos exponenciales gravitacionales son más eficientes en la generación de la curva de referencia monocéntrica exponencial.

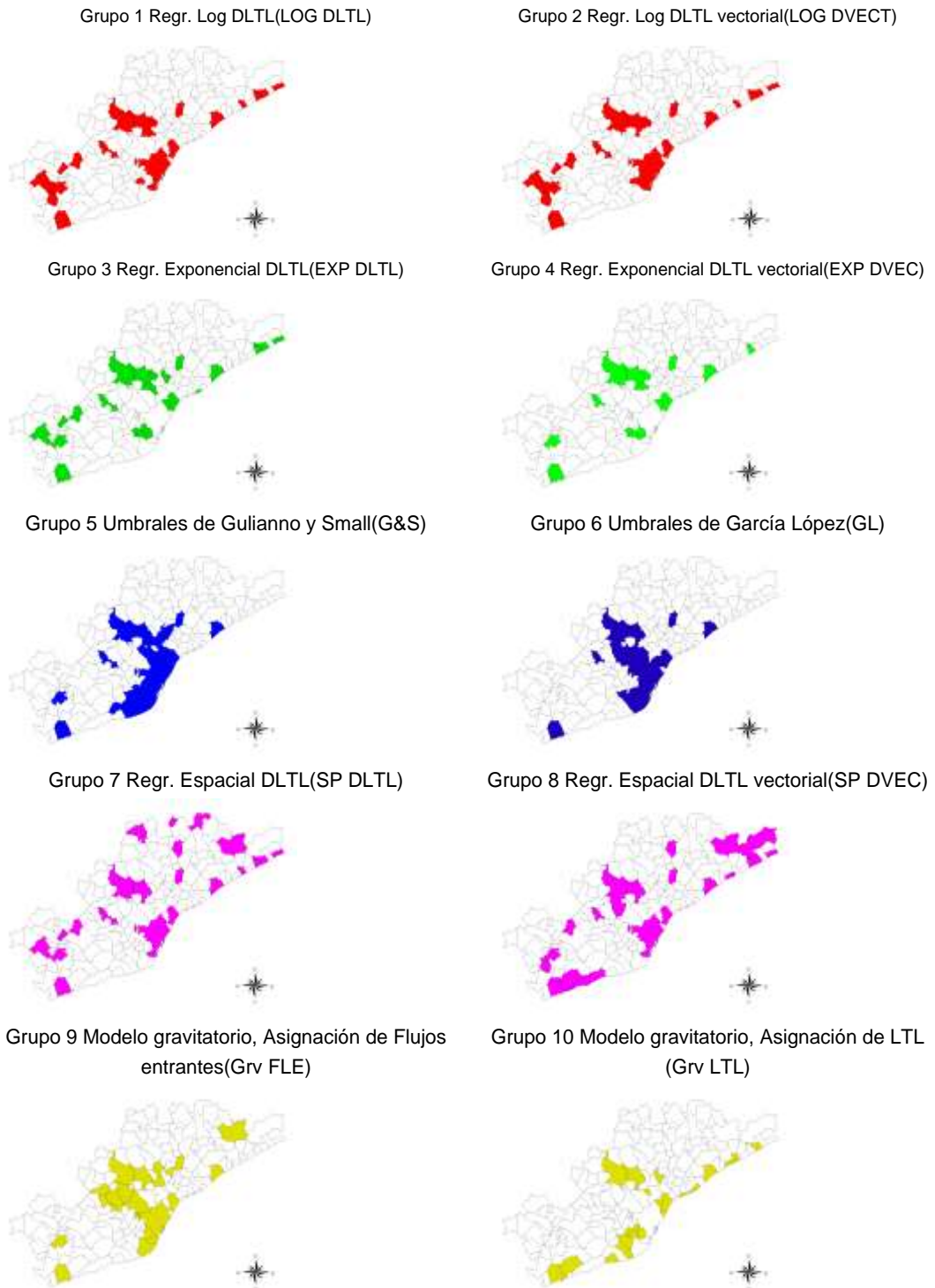
Hay municipios (5) que son elegidos por todas las metodologías, Badalona Mataró, Sabadell, Terrassa Villanova y la Gertrú. Los que son elegidos en 9 son Granollers y Martorell, y por 8, solamente el de Villafranca del Penedés.(figura N°4 y tabla n°4)

De los elegidos por más de 5 métodos, se observa que los modelos espaciales, eliminan a los municipios del continuo urbanizado de Barcelona y los métodos de umbrales y gravitacionales, no seleccionan los municipios más alejados y que son identificados por los métodos de regresión.

Un caso especial es el de Santa Coloma de Gramanet que es seleccionada como subcentro por 5 métodos, donde los modelos de flujos, regresiones exponenciales y espaciales no la seleccionan. Al analizar los que son elegidos por menos de 5 métodos, se observa una formación en dos ámbitos, el primero, entre los subcentros anteriores y alejados, estos municipios alejados de Barcelona, son seleccionados por los métodos de movilidad y espaciales, ya que sus métodos han considerado el efecto que presentan sobre su entorno.

Mediante el proceso de validación de los subcentros identificados (Aguirre, 2009), se determina que el grupo más eficiente de subcentros para las dimensiones establecidas anteriormente. Como se observa en la tabla n° 5, el grupo que cumple todas las alternativas es el grupo n° 4, con 15 subcentros, que se muestran la figura n° 3.

**Figura 2. Subcentros de la RMB, según el método elegido**



Fuente: Elaboración propia

Influencia de los subcentros metropolitanos en la estructura de los valores Inmobiliarios y nuevos métodos de identificación

**Tabla 4. Candidatos a subcentros seleccionados**

Municipio	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7	Grupo 8	Grupo 9	Grupo 10	Resumen
	LOG DTLT	LOG DVEC	EXP DTLT	EXP DVEC	G&S	GL	SP DTLT	SP DVEC	Grv FLE	Grv LTL	
Badalona	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Mataró	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Sabadell	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Terrassa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Vilanova i la Geltrú	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Granollers	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	9
Matorell	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	9
Vilafranca del Penedès	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	8
Cornellà de Llobregat	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	7
Hospitalet de Llobregat, l'	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	7
Calera	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	6
Pineda de Mar	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	6
Sant Andreu de la Barca	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	6
Malgrat de Mar	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	5
Sant Sadurní d'Anoia	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	5
Santa Coloma de Gramenet	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	5
Canet de Mar	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	4
Pla del Penedès, el	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	4
Polinyà	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	4
Puigdàlber	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	4
Sant Joan Despí	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	4
Sant Martí Sarroca	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	4
Barberà del Vallès	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	4
Esplugues de Llobregat	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	3
Mollet del Vallès	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	3
Prat de Llobregat, el	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	3
Rubí	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	3
Sant Boi de Llobregat	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	3
Sant Celoni	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	3
Santa Margarida i els Monjos	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	3
Arenys de Mar	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2
Garriga, la	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2
Pacs del Penedès	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Parets del Vallès	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2
Premià de Mar	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2
Ripollet	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2
Sant Adrià de Besòs	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2
Sant Cugat del Vallès	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2
Sant Pere de Ribes	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2
Santa Perpètua de Mogoda	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2
Cerdanyola del Vallès	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2
Viladecans	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2
Abreva	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Aiguafreda	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Castellbisbal	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Castelldefels	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Castellterçol	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Gavà	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Masnou, el	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Montcada i Reixac	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Montseny	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Palau-solità i Plegamans	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Vilassar de Mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Sitges	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Tordera	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Badia del Vallès	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<b>Totales</b>	<b>22</b>	<b>22</b>	<b>26</b>	<b>15</b>	<b>25</b>	<b>15</b>	<b>22</b>	<b>20</b>	<b>19</b>	<b>24</b>	

Fuente: Elaboración propia



**Tabla 5. Resumen de Validaciones para cada grupo de subcentros**

Grupo	Densidad		Movilidad			Precios		
	Puntos anómalos de densidad	Aumento del R <sup>2</sup> de una regresión paramétrica o espacial	Ranking de Mov Absoluta	Ranking de los Indicadores	Interacción	Diferencia entre los valores	Aumento de R <sup>2</sup> en una regresión hedónica, signo y significancia del coeficiente	Aumento de R <sup>2</sup> en una regresión hedónica espacial, signo y significancia del coeficiente
Grupo 1 LOG DLTL	Si	Si	4	1	4	No	No	No
Grupo 2 LOG DVECT	Si	Si	5	2	3	No	No	Si
Grupo 3 EXP DLTL	Si	Si	5	5	7	No	No	Si
Grupo 4 EXP DVEC	Si	Si	1	1	6	Si	Si	Si
Grupo 5 G&S	Si	Si	3	5	5	Si	No	No
Grupo 6 GL	Si	Si	2	2	8	Si	Si	No
Grupo 7 SP DLTL	Si	Si	6	4	9	No	No	No
Grupo 8 SP DVEC	Si	Si	6	3	1	No	No	Si
Grupo 9 Grv FLE	Si	No	3	7	2	Si	No	Si
Grupo 19 Grv LTL	Si	No	7	7	4	Si	Si	Si

Fuente: Elaboración propia

**Figura 3. Subcentros identificados y validados**



Fuente: Elaboración propia

Se construye una regresión múltiple de precio hedónico donde se incorporan las variables de accesibilidad, como distancias al CBD y a los subcentros, además de variables sociales, como el ingreso y de externalidades ambientales. La aproximación de los valores residenciales se hace sobre la base de datos de CATSA a nivel de municipio, donde se separa según la antigüedad de bien inmueble y se entrega un valor medio por municipio para viviendas nuevas y usadas. Asimismo, se incorpora la información del censo de vivienda de INE de 2001, por tal de establecer las condiciones medias de la vivienda en esos municipios.

---

 Influencia de los subcentros metropolitanos en la estructura de los valores Inmobiliarios y nuevos métodos de identificación
 

---

el caso de estudio, las curvas de distancia, si bien cuentan con una gradiente negativa, de observan diferencias. Los valores de densidad y precios, están correlacionados de forma positiva, pero en sus valores se observan anomalías importantes. Por ejemplo, hay grandes zonas de baja densidad, pero de precios medios, fuera de ello, las masas de trabajadores son bajas.

Para el primer vector, de accesibilidad, se contó con la base de distancias óptimas entre municipios, por carretera, utilizada en los modelos de identificación. Para el segundo vector, de condiciones ambientales urbanas, se contó con la información del Censo de 2001, donde se estipulan las condiciones de la edificación, en porcentaje para cada municipio, y las superficies obtenidas de las bases de datos de CPSV. Asimismo, el tipo de actividad económica fue introducido como proxy de las externalidades positivas que irradian los servicios y las negativas de la industria. En este mismo sentido una variable dummy ha sido creada para distinguir a los municipios costeros de los de interior.

**Tabla 10. Resultados regresión MCO**

Model Summary(b)

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	0.864	0.747	0.739	141.097	2.013

a Predictors: (Constant), Distancia Minima a Subcentro, Componente 1 Socioprofesional, LN Equipamiento en superficie municipal, Zona de Costa, Distancia a Barcelona

b Dependent Variable: Valor medio Tasaciones propiedades

	$\beta_1$	Std. Error	$\beta_s$	t	Sig.	Tolerance	VIF
1 (Constant)	1443.517	38.436		37.557	0.000		
Distancia a Barcelona	-8.348	1.040	-0.463	-8.030	0.000	0.492	2.032
Componente 1 Socioprofesional	101.073	12.398	0.366	8.152	0.000	0.809	1.236
Zona de Costa	161.915	32.432	0.223	4.992	0.000	0.818	1.222
LN Equipamiento en superficie municipi	31.685	9.342	0.194	3.392	0.001	0.501	1.997
Distancia Minima a Subcentro	-1.118	1.481	-0.031	-1.980	0.000	0.979	1.021

a Dependent Variable: Valor medio Tasaciones propiedades

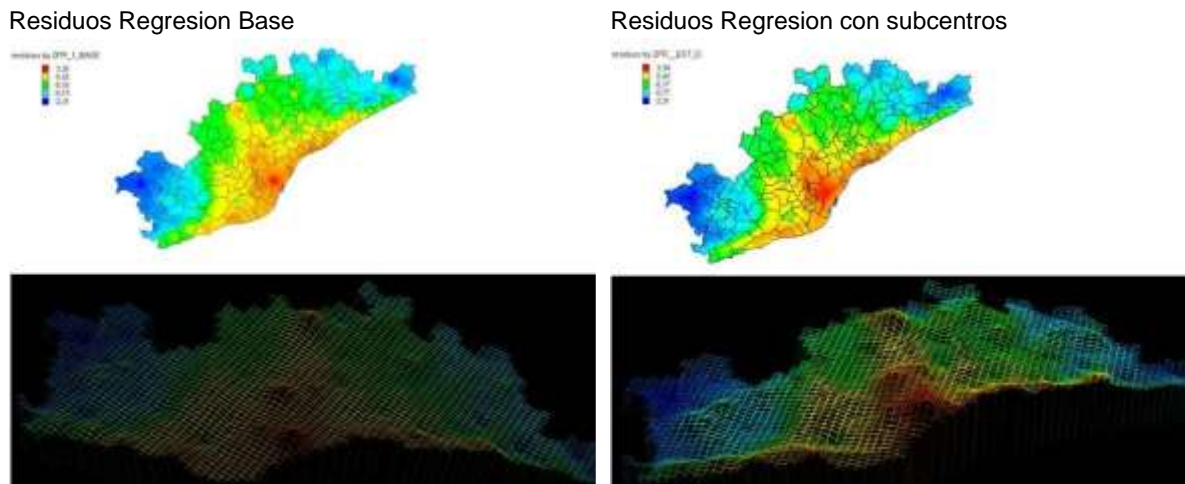
Fuente: Elaboración propia

Por último, para el tercer vector, de las condiciones sociales se consideró el nivel de educación y la ocupación de los residentes según información del Censo. Como muchos de estos valores se encuentran altamente correlacionados, se realizan análisis factoriales para

sintetizar lo más posible la información de los vectores sociales, reduciendo las variables mediante tres análisis factoriales de las variables asociados a la explicación de los grupos de trabajadores por cada municipio, a las características de los residentes según su formación profesional y las clases socio-profesionales, además de los valores de rentas medias y en valor medio del impuesto de a la renta para personas individuales. La variable explicada, es el valor medio por m<sup>2</sup> de las viviendas plurifamiliares nuevas de las tasaciones inmobiliarias proporcionados por el CPSV, con base a la información de CATSA, a nivel municipal.

La regresión aceptada se muestra en la Tabla nº 10, observándose que los valores de los coeficientes la distancia a Barcelona, considerado el CBD, siguen primando por sobre los de los subcentros seleccionados. Sin embargo, el hecho de que a distancia sea significativa y sin multicolinealidad con los otros factores, resulta desde ya promisorio. Si comparamos los residuos espacializados (figura nº4) de ambas regresiones, con y sin subcentros, se observa que estos se minimizan en al incorporar los subcentros en la regresión, dejando todo el resto constante.

**Figura 4. Comparación de los residuos sin estandarizar**



Fuente: Elaboración propia

Entonces, como ya se probó que la mayoría de los modelos mejoraban sus indicadores al cambiar el modo de estimación por una regresión espacial, el ajuste de pearson al cuadrado mejora en cerca de 20 puntos (Tabla Nº 11), disminuyendo los coeficientes asociados a las distancias tanto al CBD como a los subcentros. (Tabla nº12). Asimismo, se observa un valores de coeficiente de moran, menores en estas variables que en las otras, permitiendo inferir

que los valores que se autocorrelacionan espacialmente con mayor fuerza son los atributos de la vivienda y las zonas, confirmando la segmentación geográfica de los mercados inmobiliarios. En ese sentido, el estimado el modelo por spatial lag, permitiría establecer de mejor forma la gradiente desde subcentro y el CBD.

**Tabla 11. Resultados regresión Spatial lag**

R-squared	:	0.769838	Log likelihood	:	-1015.65
Sq. Correlation	:	-	Akaike info criterion	:	2045.3
Sigma-square	:	17429.1	Schwarz criterion	:	2066.87
S.E of regression	:	132.019			

Variable	Coefficient	Std. Error	z-value	Probability
W_P2001	0.360604	0.1024991	3.518119	0.0004347
CONSTANT	896.7949	158.8065	5.64709	0.0000000
DIST_BCN	-4.414839	1.47085	-3.001556	0.0026862
FACL_SOCIO	97.77399	11.67781	8.372629	0.0000000
COETA	130.9052	30.7398	4.258492	0.0000206
LN_EQUIPA	36.03677	8.811857	4.089577	0.0000432
DMIN	-1.059666	1.385734	-3.7646962	0.0003523

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 12. Comparación de Coeficientes**

Modelo	☐ Distancia al CBD	☐ Distancia mínima a los subcentros
MCO con subcentros	-8,378	-1,118
Spatial Lag con subcentros	-4,414	-1,059

Fuente: Elaboración propia

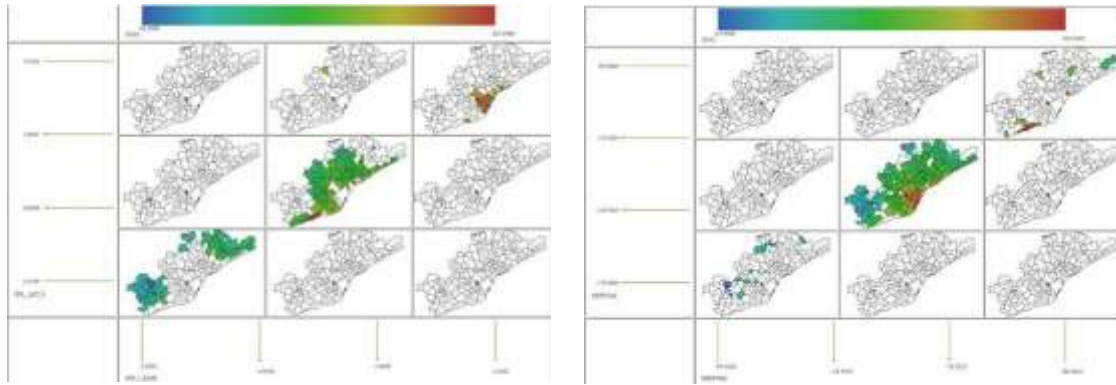
Al comparar los residuos de ambas regresiones por partes, espacializados, se observa que la regresión spatial lag, mejora significativamente la estimación de los municipios a una mediana distancia del CBD. Sin embargo, no es eficiente en determinar a los municipios de Sitges, Matadepera, que responden a otros fenómenos no considerados en esta investigación y que abren paso para los próximos pasos a desarrollar.

**Figura 5. Comparación espacial de los residuos sin estandarizar**

Regresiones con y sin subcentros

Regresión tradicional MCO

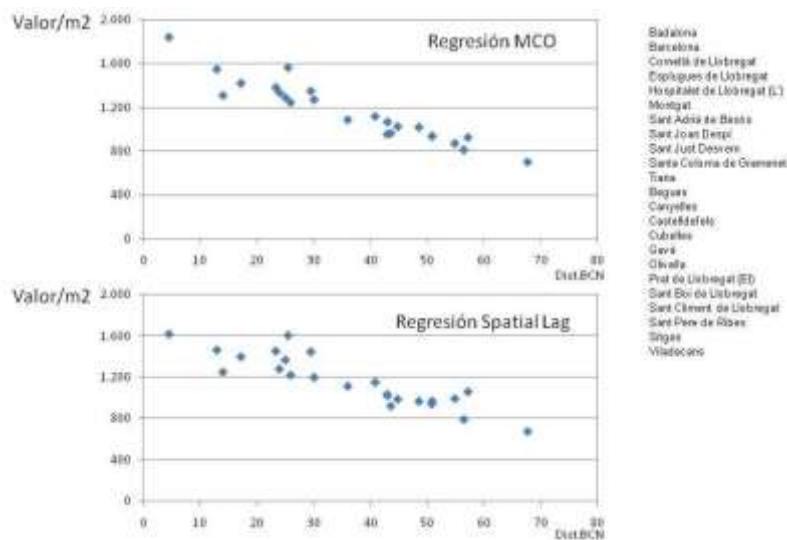
Regresión Spatial lag



Fuente: Elaboración propia

Al evaluar los resultados de la regresiones, consideremos los municipios ubicados en el primer eje de transporte desde el CBD, como se observa en la figura nº6. En ambos casos, se observa una clara gradientes desde el CBD, siendo más clara en el modelo de estimación spatial lag.

**Figura 6. Comparación de valores estimados por el modelo**



Fuente: Elaboración propia

## 6. Conclusiones

La identificación y selección de los subcentros urbanos en un ámbito metropolitano, debe contar de diversas dimensiones, y ser observado desde todas ellas. Según el modelo de Alonso y Mills, la ubicación de estos centros laborales define en la estructuras de las rentas del suelo en un entorno urbano, el trabajo de Muth, lo relaciona con la densidad de trabajadores y genera el modelo exponencial negativo, ampliamente utilizado en la literatura

La investigación buscó desarrollar una propuesta de clasificación de modelos de identificación basada en la definición de subcentros y no en las metodologías existentes, estableciendo los subcentros laborales en la Región Metropolitana de Barcelona y aplicó un método de validación en base a tres ejes, la explicación de la densidad de los vecinos, la movilidad o su capacidad de estructurar flujos y viajes, y por ultimo su impacto en los precios de situación de la vivienda. Además explora la formación de densidades que intenten captar las aspectos de la movilidad, como la Densidad Vectorial.

De manera general, para la región metropolitana de Barcelona se ha identificado un grupo de 15 subcentros, correspondiente a los residuos positivos de una regresión paramétrica exponencial negativa. Este grupo, demuestra ser el más eficaz en términos generales, al explicar los mantos, la movilidad y los precios.

La densidad vectorial resultó más eficaz y eficiente en la determinación de subcentros metropolitanos, muestra que es verdadera en los modelos exponenciales gravitatorios y los modelos espaciales, por lo cual se aprueba. Sin embargo, el modelo clásico de regresión exponencial logarítmica, su diferencia no es mayor y de hecho funciona casi de manera equivalente al modelo de densidad tradicional.

Los valores de viviendas tiene relación con las distancias o accesibilidades a los subcentros y por tanto, puede medir la eficiencia de un grupo de candidatos a subcentro, es la hipótesis controvertida, ya que de apropiada pueden establecer una relación de validación de los subcentros urbanos, pero las segmentación de los mercados de la vivienda y por ende su cambio en los atributos de la vivienda, más allá de su ubicación, en el micro y macro entorno, han de jugar un papel decisivo en el precio. Además el caso de estudio presenta una correlación entre las variables y la distancia Barcelona con lo cual, la mayoría de los modelos son rechazados por multicolinealidad, sin embargo, los modelos que se aceptan y que se presentan mejores, son consecuentes con las validaciones anteriores, por lo cual, se estima que son los más robustos.

El grupo de subcentros aceptado resulta ser el número 4, con una regresión exponencial negativa, donde podemos observar una pendiente de precios desde los subcentros de -1,118 para la regresión normal y -1,059 para la corregida por spatial lag.

### Bibliografía

**Alonso, W.** (1964), *Location and Land Use*, Cambridge, Mass., Harvard University Press.

**Aguirre, C., Ramos, R.,** (2005), Impacto del ruido urbano en el valor de los departamentos nuevos: un estudio de precio hedónico aplicado a bienes ambientales. *Revista de la Construcción*, volumen 4, número 1, páginas 59-69.

**Bertaud, A.** (2002) "The Spatial Organization of Cities: Deliberate Outcome or Unforeseen Consequence?" *World Development Report, Dynamic Development in a Sustainable World*. Background Paper.

**Burns, M., Moix, M., Roca, J.** (2001): Contrasting Indications of Polycentrism within Spain's Metropolitan Urban Regions, *Eighth European Estate Society Conference, Alicante, Junio 26-29*.

**Coombes, M., Openshaws, S.** (1982): "The use and definition of travel-to-work areas in Great Britain: some comments", *Regional Studies*, 16, 141-149.

**Craig, S.G., NG, P.T.** (2001) Using Quantile Smoothing Splines to Identify Employment Subcentres in a Multicentric Urban Area, *Journal of Urban Economics*, 49, pp. 100-120.

**Fujita, M., Krugman, P., Venables, P.**(2000), *Economía Espacial, Las ciudades, las regiones y comercio internacional*", 1era Edición, Ariel Economía, Barcelona.

**García-López, M.A.** (2007): Estructura Espacial del Empleo y Economías de Aglomeración: El Caso de la Industria de la Región Metropolitana de Barcelona, *Architecture, City & Environment*, 4, pp. 519-553.

**Giuliano, G., Small, K.A.** (1991), Subcenters in Los Angeles Region, *Regional Science and Urban Economics*, 21, 163-182.

**Gordon, P., Richardson, H.W.**(1996), Beyond Polycentricity. The Dispersed Metropolis, Los Angeles, 1970-1990, *Journal of the American Planning Association*, Vol 62, nº 3, pp. 289-295

**Heikkilä, E., Gordon, P., Kim, J.I., Peiser, B., Richardson, H.W. y Dale-Johnson, D.** (1989): What happened to the CBD-Distance Gradient?: land values in a polycentric city, *Environment and Planning A*, 21, pp. 221-232.

**Marmolejo, C., Roca, J.**(2006) : Hacia un modelo teórico del comportamiento espacial de las actividades de oficina. *Scripta Nova. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales*. Barcelona: Universidad de Barcelona, 15 de julio de 2006, vol. X, núm. 217. Recuperado. Octubre 2008

**McDonald, J.F.** (1987): The Identification of Urban Employment Subcenters, *Journal of Urban Economics*, 21, pp. 242-258.

- McDonald, J.F.; McMillen, D.P.** (1990): Employment Subcenters and Land Values in a Polycentric Urban Area: the Case of Chicago, *Environment and Planning A*, 22, pp. 1561-1574.
- McDonald, J.F.; McMillen, D.P.**(1998) "Land values, land use, and the first Chicago Zoning Ordinance, *Journal of Real Estate Finance and Economics* Vol. 16, nº 2, pp. 135-150.
- McDonald, J.F., McMillen, D.P.** (2007), *Urban economics and real estate: theory and policy*, Blackwell, Malden MA, Boston USA. PP 640.
- McMillen, D.P.** (2003) Identifying Subcentres Using Contiguity Matrices, *Urban Studies* Vol. 40, nº 3, pp. 57-69.
- McMillen, D.P.** (2001): "Non-Parametric Employment Subcenter Identification", *Journal of Urban Economics*, 50, pp. 448-473.
- McMillen, D.P.** (1996): "One Hundred Fifty Years of Land Values in Chicago: A Nonparametric Approach", *Journal of Urban Economics*, 40, pp. 100-124
- McMillen, D.P.; McDonald, J.F.** (1997): "A Nonparametric Analysis of Employment Density in a Polycentric City", *Journal of Regional Science*, 37, pp. 591–612.
- Muñiz, I.** (2003) "¿Es Barcelona una ciudad policéntrica?"; Working Paper 03.09; Departament de Economia Aplicada; UAB.
- Muñiz, I.; Galindo, A.**(2005) Descentralisation, integration and polycentrism in Barcelona ,Working paper,05.12 del departamento de Economia Aplicada Univerddad Autónoma de Barcelona.
- Muth, R.** (1969). *Cities and Housing*. Chicago: University of Chicago. Chicago, Illinois, Estados Unidos.
- Roca J.** (1988) "La Estructura de valores urbanos un análisis teórico-empírico, 1era edición, Instituto de Estudios de Administración Local, Madrid.
- Roca, J. Marmolejo, C; Moix, M;** (2010),"Estructura Urbana y Policentrismo. Hacia una redefinición del concepto", *Urban studies* (Forthcoming)
- Roca, J.; Moix, M;** (2005),"Cap a una nova organització territorial de Catalunya" Research paper, 5-2004, Centro de Política de suelo y valoraciones, Universidad Politécnica de Cataluña.
- Redfearn, C.L.** (2007): "The Topography of Metropolitan Employment: Identifying Centers of Employment in a Polycentric Urban Area", *Journal of Urban Economics*, 61, pp. 519-561
- Shearmur, R.; Coffey, W.J.** (2002): "A Tale of Four Cities: Intrametropolitan Employment Distribution in Toronto, Montreal, Vancouver, and Ottawa-Hull, 1981-1996", *Environment and Planning A*, 34, pp. 575-598.
- Song, S.** (1994): Modelling Worker Residence Distribution in the Los Angeles Region, *Urban Studies* 31, pp. 1533-1544.
- White, M.J.** (1976): Firm Suburbanization and Urban Subcenters. *Journal of Urban Economics*, 3, pp. 323-343.





Publicación:	"Effects of labor subcentres in urban property values. Case study of the metropolitan region of Barcelona".	
Autor	<b>Carlos Aguirre Núñez</b> <b>Carlos Marmolejo Duarte</b>	
Año	2009	
Consideraciones	Congreso	ERSA
	Editorial	ERSA

**Abstract.**

This article aims to explore different ways of determining the metropolitan subcenters in a polycentric reality. There is a method of identification, placing a validation process subcentres by three points, the density of workers, worker mobility and the explanation of property values.

In this sense, testing 10 methods of identifying subcenters, ranging from analytical methods for analysis of econometric models of gravitational and space. Two versions were tested density of workers, with a density vector is called the norm of the vector constructed with the density of incoming work and resident workers.

The method provides a set of 15 municipalities that act as sub-metropolitan, explaining the density, mobility and spatial formation of property values in the metropolitan area of Barcelona, with dates of mobility from census of 2001.

**Keywords:**

Metropolitan subcentres, policentric city, real estate market, hedonic price.

## I. Introduction.

Under the monocentric model, characterized by a clear dominance of the CBD in terms of concentration of employment, the main theories flourished in the urban economy. Among them, the highlights of income offered (bid rent), which establishes a relationship of trade-off between the rent that the locators are ready to transfer to the ground, and transportation costs (including the value of time). So the more accessible locations, that is the most central in the monocentric model, are precisely those whose incomes tend to receive more (ie: where it creates the highest peak of the land value). However, the current paradigms of metropolitan urban systems are abysmally out of the monocentric model, in the meantime: a) The CBD usually does not concentrate as much of metropolitan employment, and b) the rest of the job or is dispersed or agglomerated in the subcentres. Therefore McMillen and Schmith (2003), argue that cities are not monocentric, so models based on Alonso (1964) and Muth (1969) should be reviewed and revisited since their basic assumptions.

These monocentric realities have given way to sub in different cities with varying degrees of polycentricism. That's why, this research explores methods of detection of sub-centers, and existing literature raises a validation since according to the definition adopted by the authors, traditional methods do not recover all of the issues that underlie a sub centre.

## II. State of art

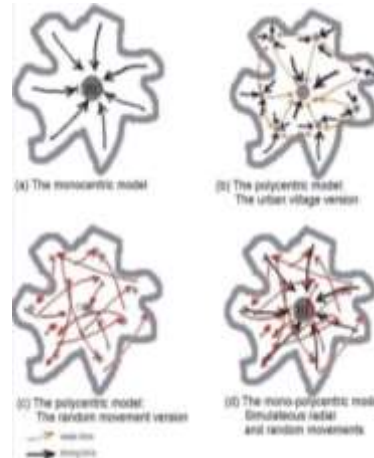
A subcentre is a point in the metropolitan area characterized not only by having a density significantly higher than the workers of their neighbors, but above all, by being able to exert an influence on their surroundings. This influence can be reflected by the flow of workers and shoppers who visit him from their residences, or by a modification of the mantle value and intensity of land use around it. A sub should also be a reference point in the territory with an identity that can be recognized for their neighborhood.

Since the early spatial models such as von Thune, 1826, to those of Krugman and Fujita, self-organization of space has been raised through the integration of three closely interrelated processes, namely: 1) the formation of spatial rent of land, 2) the configuration of land uses, and 3) the intensity of use of space. Value, use and density are, therefore, the three sides of a coin, in which background underlying transport costs and time spent to overcome space and agglomeration externalities, as emergent property, arising from the concentration of locators. In this sense Betaud (2002) has emphasized that the forces that form and maintain the subcenters are related to the efficiency and effectiveness of the transport system. White (1999), noted that in the process of generating subcentres endogenous and exogenous factors, such as economies of agglomeration.

O'Sullivan (2007) has suggested, for its part, the hierarchy of the sub is a function of the type of activities that focus and intensity with which they are concentrated. From the perspective of the density of workers the nature of the sub, you are defined by their ability to attract such areas as workplace travel and thus forced to replace the CBD (Central Business District )

Bertaud (2002), raises the differences between the monocentric and polycentric cities depend on the level of replacement or substitute destination travel patterns required, and no city is 100% 100% monocentric or polycentric. In an attempt to define a theoretical classification, in 4 groups:

Figure 1  
City models, according Bertaud



Source: Bertaud(2002)

1. - A city with a preponderance of the CBD and subcenters identified, most trips are focused on from the periphery to the CBD. This category would be monocentric city.
2. - A city where the CBD and subcenters exert strong bonds of attraction for workers and there is attraction between the sub itself, but to a lesser degree.
3. - A city based on a polycentric system equipotential, where there is a preponderance of the CBD with regard to the sub, nor among the latter. This category would be the polycentric city.
4. A town halfway between the monocentric and polycentric. This model is not well defined hierarchies, the CBD maintains its hierarchy attracting travel, but also subcentres compete with him, but not be equipotential.

From this standpoint, the methods of identification and validation of sub-centers, should be sufficiently robust to establish these hierarchies and further enable this potential difference is considered in its validation

In the literature there are two families of methods designed to detect sub-working (see the excellent state of the art made by Muñiz, 2003 and 2005 and Roca et al. 2010) The first analysis is of the density distribution (eg : jobs / urban area) and the second is functional and is based on analysis of mobility (eg home-work). Both paths are converging, as they realize the same phenomenon, but with particular qualifications.

White (1999) provides a definition of identification of models that consider exogenous and endogenous factors in the formation of the sub, which is studying the use and location / relocation of exogenous and endogenous to the contrary, are due to the interaction between agglomeration economies and transportation costs. In this logic, Roca, et al (2010) and Muñiz (2003) and (2005) established a classification of methods based on the criteria for identification, since the functions of density, but in both cases differ in their analysis by different approximations. While Muñiz (2003) finds that Barcelona is a polycentric city and presents the risks of expansion without exerting a critical analysis of the models, Roca et al (2010), presents a striking conclusion to associate the identification of subcenters to mobility between home and work.

In the Table 1 presents a proposal for the organization based on the methods for identifying subcenters, leaving aside the methods that do not have a statistical rigor. Since the family of density, we observed five methods, range from simple observation of the higher value of density, the establishment of thresholds based on the density to the non-parametric and parametric regression, which we refer to indicators of spatial econometrics. On the other hand, methods based on the mobility of workers, have a more limited, focusing mainly on the flows of obligatory mobility (commuting) for analysis. A good example of the first methods is found in McMillen (2001) where he mentions the benefits of the thresholds set by Gulianno and Small (1991), since when combined with a knowledge of reality to be analyzed, it is easy and effective. The aim of this study was to incorporate temporal effects, discussion of the case of Chicago from 1970 to 2020 (McMillen and Lester, 2003), where the threshold model is particularly useful for its ease of use for an area where the cutoff threshold is known. In the case of mobility, the subcenters in the metropolitan area of Barcelona, Roca et al (2010), recognized as urban system or proto urban system, based on the maximum interaction between them like of Local Labour market areas, rescuing Gordon and Richardson (1986) and based on the interaction index of Coombes&Openshaw (1982), is highly indicative of the potency of this family of methods.

In a critical review of the state of the art, is:

1. In the first instance, although the density of employment and labor flows are two sides of the same process, both qualitative aspects provide different information, the first reports, for example, the intensity of use of space destination, while the second force to join the destinations and origins. Both families have analyzed these aspects stagnation and few efforts have been made to generate mobility-density combined criteria.
2. The specialization of the methods is also a subject of controversy. While it is an advantage that technique, including econometric models, it is very difficult to apply to several different realities. In fact, McMillen (2003), acknowledges that the fashion method Gulianno and Small, is the easiest to use when you want to compare cities.
3. The treatment aggregate density, the density does not distinguish which is generated by workers (commuters) who arrive from other locations of that density that is generated endogenously by the employed population that is working on the same site (resident workers ) for this reason we can't, by this treatment added to distinguish the locations that

are dense because they attract a significant flow of workers, yet retain a significant amount (subcentres mature structure the territory), those which are dense without attracting practically flows (eg a military barracks, ie accidents density without structural relationships with surrounding) or those that are dense or have no retaining its resident population (for example, an industrial area)

**Table No. 1**  
**Organization of model identification**

Methodologies	Source	Variable	Criteria
<b>Picks of Labor density en continue zones</b>	McDonald (1987)	<b>Population or Labor Density</b>	Two indicators: Gross Density of occupation and employment-population ratio
	McDonald y Mc Millen (1990)	<b>Population or Labor Density</b>	Identification of density peaks using GIS
	Guliano y Small(1991)	<b>Labor Density</b>	D jobs >25 jobs/ha Jobs >10.000
	Song (1992)	<b>Labor Density</b>	D Jobs>37 jobs/ha jobs >35.000
	Cerveró y Wu(1997)	<b>Labor Density</b>	D jobs>17 jobs/ha Jobs >10.000
	McMillen y McDons (1998)	<b>Labor Density</b>	D jobs >25 jobs /ha j obs >10.000 From subcentre gradient, and significant negative
	Bogart y Ferry(1999)	<b>Labor Density</b>	D jobs>20 jobs/ha Jobs >10.000
	McMillen y Lester (2003)	<b>Labor Density</b>	D jobs=15 jobs/acre L=10000
	Garcia Lopez(2007)	<b>Labor Density</b>	jobs more than 1% the metropolitan system Density greater than the average system
	<b>parametric Methods</b>	McDonald y Prather (1994) Roca (2010)	<b>Population or Labor Density</b>
McMillen y McDons (1998)		<b>Labor Density</b>	Nonparametric estimation (LWR) Gross density distribution jobs
<b>no parametric Methods</b>	McMillen(2001)	<b>Labor Density</b>	Nonparametric estimation (LWR) Gross jobs density distribution in two stages
<b>Spatial Econometric</b>	Baumont y Le Gallo(2004)	<b>Labor Density</b>	Moran Index's turnout abnormal LISA Analysis
	Guillam(2004)	<b>Population or Labor Density</b>	Moran Index
<b>Terms of labor mobility</b>	Gordon Y Richarson(1986)	Commuting	Significance of mobility for subcentres Areas with a density of generation travel> 0.8 standard deviation
	Burns et al (2001)	Balance work-home travel	Positive net balance
	Roca (2010)	Commuting	Aggregation interaction index to define Proto urban systems

Source: Own compilation based on Roca, et al (2010), Muniz (2003)

### III. Case study, data and models.

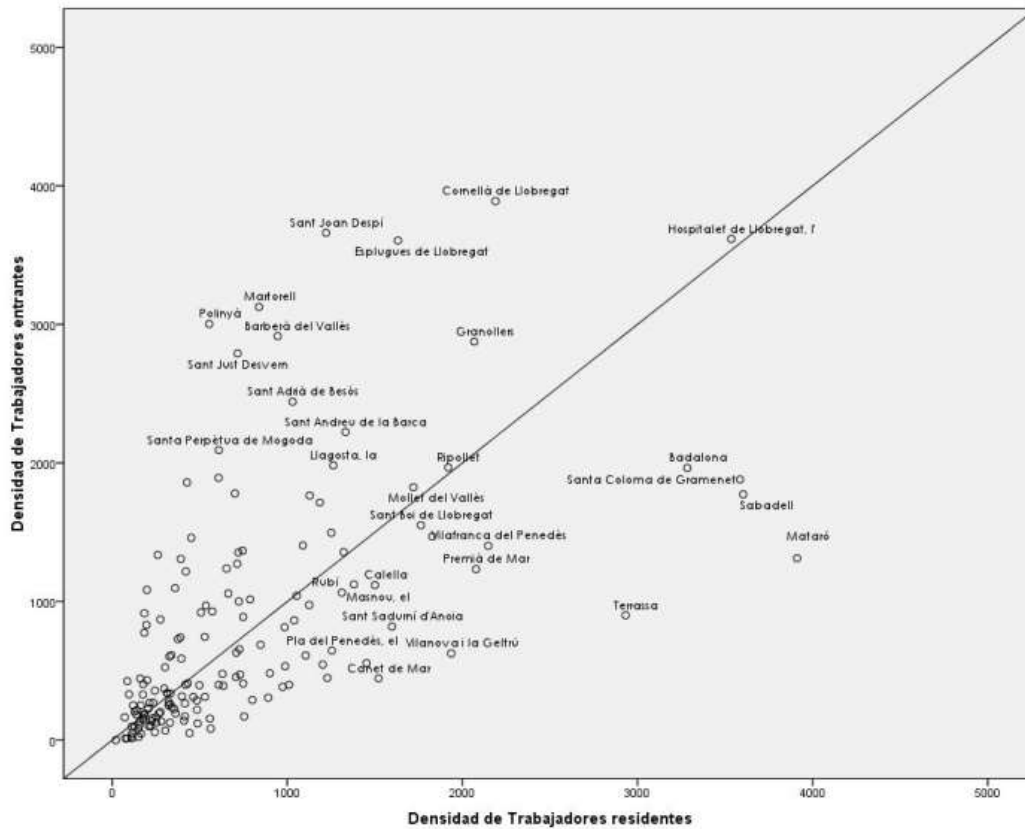
In this article we implement the most identification techniques based on density, both thresholds, for econometric models and also proposes a new way of looking at the density, which allows addressing the critical point 3.

Our case study is the metropolitan area of Barcelona; this has 164 municipalities, 3,200 square kilometers, 551 square kilometers artificial. We carried out a cross to the information of workplaces are located at the level of municipalities, (denominated LTL, in Spanish) obtained based on the mobility of labor found in the Census of Population and Housing, conducted by INE in 2001. These workplaces are located are used as a synonym for use in estimating the models listed.

In Figure 2, shows the relationship between the density of resident workers (which is the amount of working places living and working in the municipality divided by the artificial surface) and density of jobs (which is the amount of working places with living in the town and outside it, divided by its surface). It is sensed by clusters of municipalities on the equality line separating the towns known as satellite cities of Barcelona, for example, Cornellà de Llobregat, Esplugues de Llobregat, at the top and urban municipalities recognized as consolidated as Badalona Mataró and Sabadell, at the bottom.

**Figure No. 2**

**Density of resident workers v / s incoming workers.**



Source: Self elaboration based on the 2001 census

The latter, in addition to criticism of the state of the art, support the need to construct a measure of vector density estimation for the cases of regression curves, corresponding to the norm of a vector between the density of residents and workers, with a view to capture the effect of the centers for the territory where motives are not only industrial, major employment centers, or dormitory towns. In this paper we establish a first approximation to this phenomenon by considering the norm of the vector, in its Cartesian form, composed of the density of the incoming residents and workers.

For the identification of sub-centers, 10 are selected methodologies, which are shown in Table 2, where we get the 10 groups of candidates to metropolitan subcenters.

The uniqueness of the density of workers located the influence it has on the environment and its action in the territory, while maintaining the criterion Roca, et al. (2007).

The main advances of this research arises from the generation of a model for the identification and analysis of metropolitan subcenters that several families of methods and processed in the same level. For the purposes established two stages, where they interact estimates phenomena that measure density and mobility are found or methodologies for the identification and validation by both methods are validated and in turn in an integrated manner. Based on the definition of subcentre, is set in an approximation to their measurement, identification and validation, through criteria, showing that each step is consistent with the accepted definition.

The major problems in the estimation of property values as it can foresee that the sub-models for densities of workers and housing prices are out of space, or in the measure to increase the mass of workers, reduced housing . Keeping focus on developing a model that are robust and which is intended to better explain the phenomenon or phenomena to be treated. In that sense, it is desirable to establish certain conditions for acceptance of densities for models and prices.



**Table No. 2**  
**Organization of model identification, to assess proposals**

Family	Model Name	Funcional Form	Variable	Criterion for identification
Densidad	Group 1 LOG DTL	$D_{LTL} = a * e^{b * Dist_{BCN} + k}$	Job Density	Municipalities whose waste a positive one standard deviation higher
	Group 2 LOG DVECT	$D_{LTLv} = a * e^{b * Dist_{BCN} + k}$	Job Density	Municipalities whose waste a positive one standard deviation higher
	Group 3 EXP DTL	$D_{LTL} = a * (Dist_{BCN})^b + k$	Job Density	Municipalities whose waste a positive one standard deviation higher
	Group 4 EXP DVECT	$D_{LTLv} = a * (Dist_{BCN})^b + k$	Job Density	Municipalities whose waste a positive one standard deviation higher
	Group 5 G&S	<b>Cut Off</b>	Job Density	D jobs > 25 Jobs/ha y Jobs > 10.000
	Group 6 GL	<b>Cut Off</b>	Job Density	Jobs locally more than 1% of density greater than the average system
	Group 7 SP DTL	$\ln(D_{LTL}) = W_p + b * Dist_{BCN} + k$	Job Density	Exponential function (LN) negative and positive residues of more than one standard deviation
	Group 8 SP DVECT	$\ln(D_{LTLv}) = W_p + b * Dist_{BCN} + k$	Job Density	Exponential function (LN) negative and positive residues of more than one standard deviation
Mobility flows	Group 9 Grv FLE	Modelo gravitacional restringido en origen	Flows of workers	Municipalities to submit further inflows that the model assigns
	Group 10 Grv LTL	Modelo gravitacional restringido en origen	Flows of workers	Municipalities to submit further inflows that the model assigns

Source: calculations based on, et al(2010), Muñiz(2003), Aguirre(2009)

**Table No. 3**  
**Association of the definition of a subcentre from the methodology of identification and validation**

Dimension	Implementation phase	Application form (Criterion)	Means of verification
A point of singular density	Identification of candidates	Points anomalous density	Group de Subcentres
Exerted an increase in the density of their environment	Validation	Increased R <sup>2</sup> of a regression or parametric space	Improvements in the adjustment of the density function as parametric regressions
Which is a backbone of the metropolitan	Identification of candidates	Receiving more flows of an estimated metropolitan	Index of Mobility flows
	Validation	Ranking Indicators Increased at a hedonic regression adjustment	Indicators of mobility, interaction Hedonic price regression, explanation of prices based on the presence of subcentre distances

Source: Own compilation

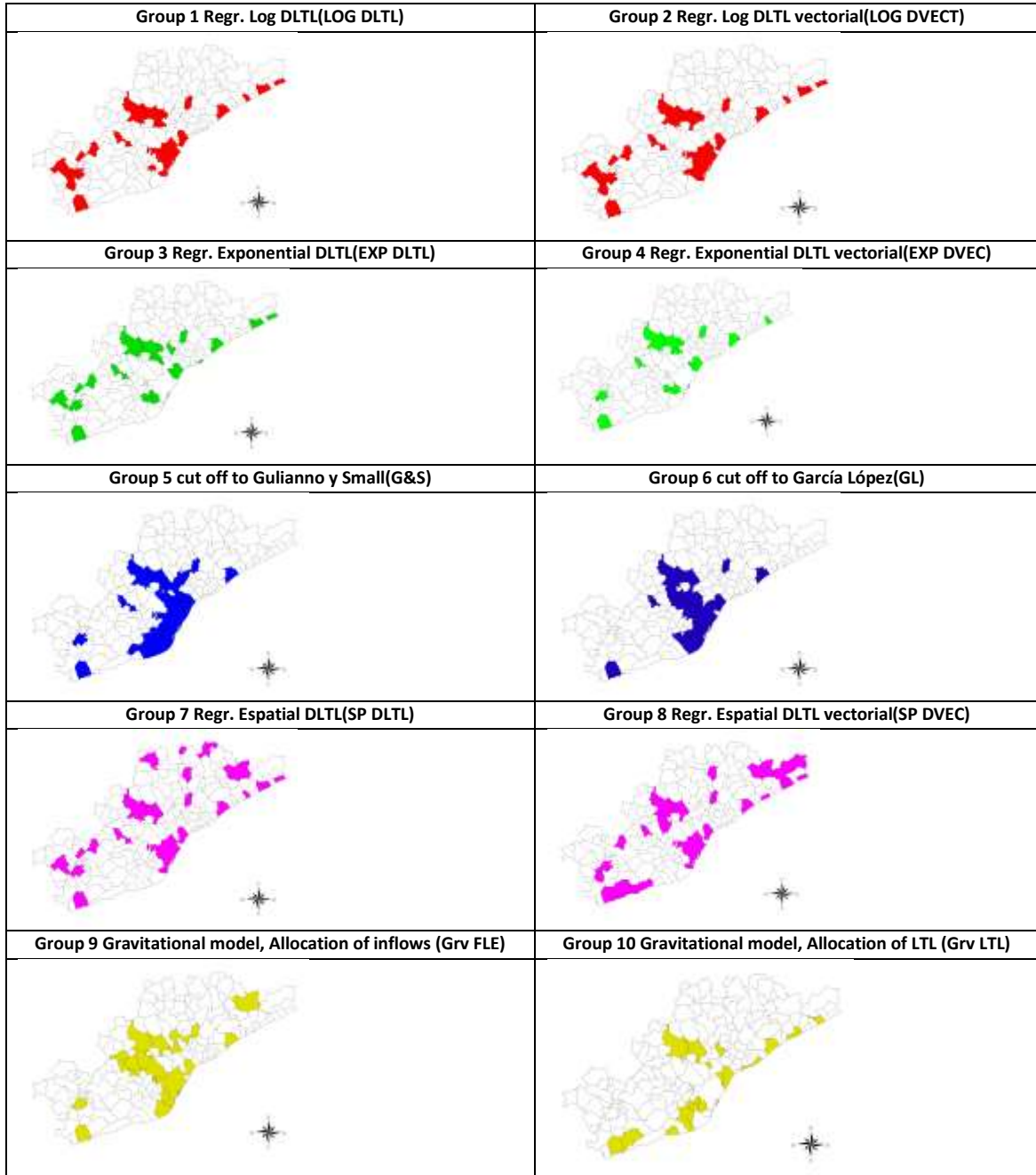
The first stems from the nature of the estimation methods involved in the first instance is to determine a gradient of negative exponential and negative, at least in the model density. For this analysis were conducted using a maximum likelihood estimation, which will evaluate the normal and half of the waste, and which factors are significant. These curves will find the points of greatest waste in them positive and to identify candidate's subcentres. By contrast, the hedonic pricing models are used by ordinary least squares and Spatial Lag models, OLS and Spatial weighted error. In all of them, evaluating their fit, theoretical consistency of the estimators, the significance of the regression and its estimators, non multicolinealidad heteroscedasticity and the estimation of waste.

#### **IV. Results and discussion.**

##### *A. - Identification of subcentres.*

The different methods in the identification of several sub-groups, each associated with the criteria set out in Table No. 2. As expected, models with density vector, set a different number of the sub-centres of density LTL usual. Exponential models, show no significant difference between the candidates according to the density of sub LTL and Vector, which has the same number of subcenters identified and presented a single municipality of difference: L`Hospitalet de Llobregat. Besides the estimated models are not efficient in the generation of waste with a low starting point and allowing the formation of the mantle density, and that CBD should be the origin of the exponential regression and in particular the asymptotic of the negative exponential function , replicating a monocentric condition. Exponential gravity models show very different results when calibrated to LTL or vector density. In the case of density, the model you choose areas where there are compact clusters of municipalities subcentres forms. This process is most evident when analyzing the decline in vector density, which identifies some of these municipalities, which are those areas. In addition, both models as sub Barcelona removed because their shape equation based on this point. In that sense, you can set the exponential gravity models are more efficient in generating the reference curve monocentric exponentially.

**Figure No. 4 subcentres the RMB, according to the method chosen.**



Source: Self elaboration based on the 2001 census

## Influencia de los subcentros metropolitanos en la estructura de los valores Inmobiliarios y nuevos métodos de identificación

**Table No. 4**  
**Subcentres candidates selected.**

Municipality	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 5	Group 6	Group 7	Group 8	Group 9	Group 10	summary
	LOG DTLT	LOG DVECT	EXP DTLT	EXP DVECT	G&S	GL	SP DTLT	SP DVECT	Grv FLE	Grv LTL	
Badalona	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Mataró	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Sabadell	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Terrassa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Vilanova i la Geltrú	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Granollers	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	9
Martorell	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	9
Vilafraça del Penedès	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	8
Cornellà de Llobregat	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	7
Hospitalet de Llobregat, l'	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	7
Calella	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	6
Pineda de Mar	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	6
Sant Andreu de la Barca	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	6
Malgrat de Mar	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	5
Sant Sadurn d'Anoia	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	5
Santa Coloma de Gramenet	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	5
Canet de Mar	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	4
Pla del Penedès, el	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	4
Polinyà	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	4
Puigdàlber	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	4
Sant Joan Despí	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	4
Sant Martí Sarroca	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	4
Barberà del Vallès	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	4
Espubugues de Llobregat	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	3
Mollet del Vallès	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	3
Prat de Llobregat, el	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	3
Rubí	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	3
Sant Boi de Llobregat	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	3
Sant Celoni	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	3
Santa Margarida i els Monjos	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	3
Arenys de Mar	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2
Garriga, la	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2
Pacs del Penedès	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Parets del Vallès	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2
Premià de Mar	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2
Ripollet	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2
Sant Adrià de Besòs	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2
Sant Cugat del Vallès	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2
Sant Pere de Ribes	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2
Santa Perpètua de Mogoda	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2
Cerdanyola del Vallès	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2
Viladecans	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2
Abrera	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Aiguafreda	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Castellbisbal	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Castelldefels	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Castellterçol	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Gavà	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Masnou, el	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Montcada i Reixac	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Montseny	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Palau-solità i Plegamans	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Vilassar de Mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Sitges	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Tordera	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Badia del Vallès	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<b>Total</b>	<b>22</b>	<b>22</b>	<b>26</b>	<b>15</b>	<b>25</b>	<b>15</b>	<b>22</b>	<b>20</b>	<b>19</b>	<b>24</b>	

Source: Own compilation based on the modeling results

There are municipalities (5) who are elected by all methods, Badalona Mataró, Sabadell, Terrassa and Villanova Gertrú. Those 9 are elected in Granollers and Martorell, and 8, only to Villafranca del Penedès. (Figure 4 and Table 4).

Of those elected by more than 5 methods, shows that the spatial patterns, to eliminate the continuous urbanized municipalities of Barcelona and the methods and thresholds of gravity, do not select the municipalities that are further away and identified by the methods of regression. A special case is that of Santa Coloma de Gramanet is selected as a sub for 5 methods, where the flow model, exponential regression and non-spatial selection. In analyzing those who are elected by less than 5 methods, training in two areas, one between the past and subcentres away, these municipalities away from Barcelona, are selected by the methods of mobility and space, since their methods have considered the effect on its present environment.

*B. - Validation of the subcentres*

For the validation of candidate sub, has established three approaches, the first is described as the mantle density of workers, by incorporating the sub to a regression. The second is the identification of relationships mobility, based on indicators of self-sub-systems, the generation of indicators for attracting flows, and analyzing the interaction of the municipalities. Finally, returning to the hypothesis, based on models of "commuting", the proximity to the sub should be reflected in the increases in housing prices and prices in the absence of soil.

*a) Since the density of workplaces located.*

Each group of candidates, an estimated impact on the function of density, based on the assumption that the settings would improve by adding more information to the system. Thresholds for model and gravity, follows an exponential model version gravitational exponential and logarithmic, selecting the first, as a standard version (Roca et al, 2010, McMillan 2004).

**Table No. 5**  
Results of calibration models

	Number of subcentres	Variable	R2	R2 min dist	R2 dist 1	R2 dist 2
Group 1 LOGDLTL	22	D IH	0,484	0,574	0,555	0,568
Group 2 LOGDVECT	22	D Vec	0,475	0,787	0,786	0,788
Group 3 EXPDLTL	26	D IH	0,524	0,822	0,817	0,819
Group 4 EXPDVVEC	15	D Vec	0,517	0,786	0,777	0,781
Group 5 G&S	25	D IH(EXP)	0,481	0,514	0,559	0,568
Group 6 GL	15	D IH(EXP)	0,479	0,531	0,567	0,603
Group 7 SPDLTL	22	LN D IH	0,381	0,521	0,637	0,605
Group 8 SPDVVEC	20	LN Vec	0,485	0,566	0,662	0,629
Group 9 GrvFLE	19	D IH	0,481	0,577	0,565	0,556
Group 10 GrvLTL	22	D IH	0,481	0,492	0,488	0,487

Source: Own compilation based on the modeling results

Are testing three distance measures for the sub, the minimum set of sub-centers, and two measures of accessibility based on all distances subcentres. The first is the inverse of the sums of each inverse distance subcentres and seeks to establish a measure that incorporates the effect of the most distant to each sub. In the same vein, and further enhance these values, considers the sum of the inverse square of these values.

As noted in Table No. 5, the exponential gravity models are those with the greatest increase in all measures distances subcentres. The model is the most improved group 3, followed by group 2 and 4. Notably, the spatial patterns fairly improved by incorporating a sub, but their final values are still lower than the regression models. Furthermore, the model thresholds and gravitational, are less improved.

b) Since the mobility

To address the mobility of workers will take three types of approaches, one called the absolute, is the calculation of rates of self and self-sufficiency of each sub-group. In that sense, it also calculates the percentage of workers who are involved in each sub-system with and without CBD. In the second section is the generation of indicators for measuring inflows in this model, by its short, its average and average hard as their distribution by percentiles. Finally, estimated values of interaction (Coombes, 1982) for each of the municipalities and the sub group.

i) Absolute

In the measurement of self and self-sufficiency of each group, where only the group of candidates, gravitational LTL (group 10), García López (group 6) and Gulianno and Small (Group5) are self-values below 50%. Also the highest values of self-groups are in space. (Table No. 6)

**Table No. 6**  
Measures of self, self, and total per LTL identification system

	Self containment Subcentres [%]	Auto Sedikit Subcentres [%]	%LTL system of Subcentres	%LTL system of Subcentres + CBD
Group1 LOGDLTL	53	53	23	64
Group2 LOGDVECT	52	53	26	67
Group3 EXPDLTL	50	50	26	67
Group4 EXPDVEC	50	52	31	72
Group5 G&S	43	46	37	78
Group6 GL	49	54	30	71
Group7 SPDLTL	59	63	20	61
Group8 SPDVEC	60	61	22	63
Group9 GrvFLE	52	46	30	71
Group10 GrvLTL	42	57	28	69

Source: Own compilation based on the modeling results

For the self, values below 50% are in Group 5, Gulianno and Small, and in group 9, gravitational flows. The highest values are again in the space groups. However, when analyzing the total mass of the LTL system and each sub-group, there was a significant decrease of the spatial patterns as well as an increase in the values of model thresholds. One can speculate that the spatial patterns, to eliminate the effects of edge or edges of each sub, and indeed its impact on the surrounding municipalities, selected anomalies central density of larger systems, which lowers the total value of LTL involved in each system. Rather, the model thresholds, selecting larger sets and a "myopic" with autocorrelations, pick these larger systems.

ii) Indicators of catchment flows

A second set of indicators of efficiency subcentres since mobility is the calculation of indicators. The first, is the average of the flows that attract each group of municipalities. In that regard, and given the number of different existing subcenters was calculated from two perspectives: the first is the estimate of the average flows (called I1) and mean robust M-estimator Hubert, which places a constant factor for each value from the average (in this case the value is 1.339). In other cases, it generates a sine cura assume values which are closest to the mean as most important, or heavy, based on three assumptions, that of Turkey, which is a sinusoid curve with a factor of 4.45, for this case, Hampel, assuming a skewed curve, whose values are 1.700, 3.400 and 8.500 for this case and the values of Andrews, who assume a curve of the function within this estimate and the value of weight is  $\pi * 1340$ . (Table No. 7)

For the average mobility, the values are similar in almost all cases, however, we can see that the model is more robust in its average is the group 4 and 6. Also, are least efficient models 7 and 8. If we analyze the results based on vector values and its difference with the traditional values of density, we can see that the vector groups, are more robust than their LTL. (Table 8).

**Table No. 7**  
Average and robust Average flows attracted to each sub-group

	Number of subcentres	I1	Huber's M-Estimator	Tukey's Biweight	Hampel's M-Estimator	Andrews' Waved
Group1 LOGDLTL	22	8.643	5.736	4.637	6.198	4.605
Group2 LOGDVECT	22	7.728	5.734	5.258	6.402	5.243
Group3 EXPDLTL	26	9.267	7.668	7.439	8.112	7.444
Group4 EXPDVECT	15	13.559	12.845	12.731	12.944	12.737
Group5 Gr&S	25	12.539	10.438	10.077	10.443	10.045
Group6 GL	15	15.735	15.384	14.891	15.270	14.861
Group7 SPDLTL	22	6.166	2.846	1.652	2.169	1.629
Group8 SPDVECT	20	7.449	3.588	2.309	2.659	2.309
Group9 GrvTLE	19	12.575	12.577	12.228	12.665	12.211
Group10 GrvLTL	24	8.893	6.603	5.371	6.716	5.322

Source: Own compilation based on the modeling results

The second way is the calculation of indicators, are the weighted average distance of each sub-systems that conform to this is calculated by multiplying the values as LTL each municipality with the distance between them and dividing the sum of the values associated subcentres and the number of subcenters. This indicator, called I2, shown in a second version, which calculates the distance of each functional group of sub-county non-normalized by the number of each sub-group.

Observed (Table 8) that the models presented in this indicator values are the highest exponential regression models, which may be explained by the shape of this curve and detects distant towns and gives them an important residue. From another angle, the values of gravity models, while the value of the gravitational flow model, has similar values, the model of LTL, lowered significantly, becoming the lowest of all.

**Table No. 8**  
**Mobility indicators of the sub-group**

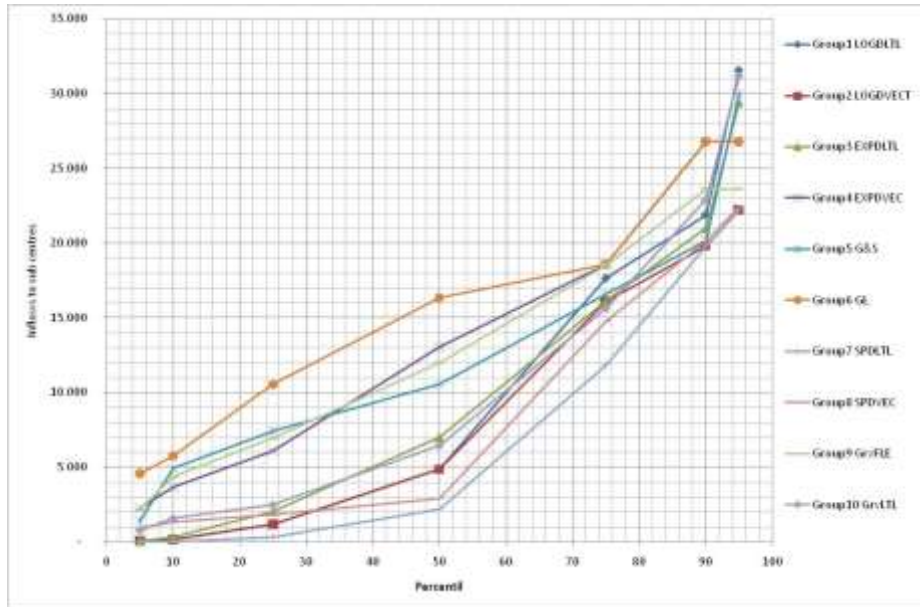
	Number of subcentres	Sum Flow	I1	I2	I2 (in n)
Group1 LOGDLTL	22	190.150	8.643	1	16
Group2 LOGDVECT	22	165.441	7.878	1	16
Group3 EXPDLTL	26	240.946	9.267	1	14
Group4 EXPDVEC	15	203.378	13.559	1	14
Group5 G&S	25	313.476	12.539	1	14
Group6 GL	15	236.021	15.735	1	15
Group7 SPDLTL	22	135.656	6.166	1	17
Group8 SPDVEC	20	148.973	7.449	1	17
Group9 GvFLE	19	238.929	12.575	1	16
Group10 Gv-LTL	24	212.835	8.893	1	12

Source: Own compilation based on the modeling results

Respect to vector models, the higher value of this indicator and all cases except where the space is smaller. By analyzing the distribution of flows as a measure of efficiency of each of the estimates of the sub, to the extent that the cumulative curve is closer to a curve of 45 degrees, the group will be efficient to have a selection of Candidates that take on significant and important asymmetries, flows the metropolitan system.



**Figure No. 8**  
Distributions of the values of subcentres flows.



Source: Own compilation based on the modeling results

In analyzing the curves, group number 6 (model García López, thresholds) which provides greater efficiency in the calculation of flow, along with the exponential regression model gravitational (Group4). It is important to note as with the previous indicators, the regressions are estimated by the sub-space, are particularly bad in this indicator. Now, the distributions of the regression space marked a breakthrough in the 50th percentile, changing its sedimentation curve. Perhaps that explains that this selection effect to be corrected for spatial autocorrelation is separated into municipalities, but of little relevance since the anomalous density, to more relevant in terms of metropolitan and density are obviously abnormal. The same phenomenon takes place in the regression parametric models, only the vector in the gravitational case exponential, it minimizes. Vector density function well in all cases except the exponential logarithmic, so that you cannot be conclusively with this value.

On analysis of the positions of the models with respect to indicators I1 and I2, Figure No. 31, it concluded that the best model is the gravity model, group 9, then 6 and 2 groups.

iii) Since real estate's values.

Following the theory of rent Bid is possible that property values would be related to the formation of clusters of workers. Thus, the CBD and subcenters should have higher values at the level of municipalities, if all else is constant. Thus, to validate the sub-sets using three approaches, the first is to determine the average prices are different, the second to increase the explanatory value of a multiple regression to incorporate the hedonic price distance subcentres and finally the same situation, but associated with multiple regressions corrected for spatial autocorrelation.

a).- The difference between the price and non subcentres subcentres.

The first analysis attempts to test the hypothesis that the patterns of identification to select municipalities where residential values are statistically different from those not selected. To accomplish this analysis, we used an analysis of variance test and the nonparametric Wilcoxon-Mann-Whitney.

In table No. 9 shows the results of the ANOVA, where it appears that only the candidates on the groups, 4, 5, 6 and 10, are significantly different from those not selected in relation to their price per residential meters square, thus these methods show their efficiency in this selection. However, this analysis assumes a normal distribution, which is not insurable in the sub-sets of candidates. In the same sample results for each group of non-parametric WMW test, maintain relations of equality that had been obtained in the ANOVA test, in addition to rejecting the null hypothesis of similarity to the group gravitational flows, therefore, the more efficient models, so prices are exponential gravitational Group, the García López, Gulianno and Small, and both gravitational. Groups efficient discrimination of property values, are the No. 4, 5,6, 9 and 10. The rest of the groups, does not mark a strong and statistically significant difference could be approved that the assumption that they are different.

**Table No. 9**  
Test of equality of means.

Group		ANOVA one factor			Test de Wilcoxon-Mann-Whitney					
		Average	Varianza	Probability	F	Critical value of F	Calculated average	p-value	95% range	
1	Subcentres	1.083	61.574	0,2247	1,486	3,9006	1115,4	0,324	-1184	55,2
	No Subcentres	1.159	74.933				1153,5			
2	Subcentres	1.100	70.051	0,3689	0,812	3,9006	1115,4	0,511	-170	78,8
	No Subcentres	1.156	73.998				1150,8			
3	Subcentres	1.208	77.479	0,2196	1,519	3,9006	1215,5	0,124	-28,1	1202
	No Subcentres	1.137	72.346				1135,3			
4	Subcentres	1.289	37.662	0,0341	4,567	3,9006	1269,4	0,018	31,6	295,7
	No Subcentres	1.134	75.085				1129,9			
5	Subcentres	1.343	29.823	0,0341	16,89	3,9006	1362,2	0	146,2	337,1
	No Subcentres	1.112	73.329				1104,7			
6	Subcentres	1.374	27.122	0,0018	10,02	3,8955	1399,1	5E-04	109,9	346,7
	No Subcentres	1.148	73.390				1147,7			
7	Subcentres	1.057	49.691	0,0878	2,95	3,9006	1090,4	0,118	-210	22
	No Subcentres	1.163	75.978				1153,5			
8	Subcentres	1.181	64.903	0,563	0,336	3,9006	1153,9	0,726	-210	22
	No Subcentres	1.144	74.889				1144,7			
9	Subcentres	1.261	37.056	0,0522	3,825	3,9006	1242,7	0,023	19,1	243,6
	No Subcentres	1.133	76.593				1120,4			
10	Subcentres	1386	31.899	0,0001	16,54	3,8931	1399,1	0	135,8	345,6
	No Subcentres	1148	18.494				1147,7			

Source: Own compilation based on the modeling results

b).- Prices hedonic regressions.

The hedonic regression as the second step, are summarized in table No. 10, which notes that most of the regressions are worsening or failing that their coefficients are not significant. In parentheses, below each of the coefficients, are the t values (significance), which correspond to the statistical significance of coefficients. Group 4 (15 sub), using a parametric exponential regression is the most robust because it increases their adjustment and both coefficients, the distance to the CBD and subcenters, are significant. Groups 6 and 10, increases the adjustment to the initial regression, but both have multicollinearity problems

However, it is interesting to explore the reasons why the other sub-groups, it is not possible to estimate a regression efficiently. One of the assumptions of multiple linear regression model states that there is no exact linear relationship between the covariates, in other words, that there is no perfect multicollinearity model. This assumption is necessary to calculate the vector of least squared estimators, since otherwise the matrix of regressors is not singular. The perfect multicollinearity not usually present in practice, unless the model is poorly designed. However, it is often among the regressors there is a roughly linear, in which case the estimators are obtained are generally inaccurate, but still retain ownership of linear, unbiased and optimal.

The relationship between explanatory variables makes it difficult to accurately quantify the effect each has on the explanatory variables, which determines that the variances of the estimators are high. When an approximately linear relationship between the explanatory variables, it is said that there is no perfect multicollinearity. It is important to note that the problem of multicollinearity a greater or lesser degree, because there is not enough information to get an accurate estimate of the model parameters. This is precisely our problem: many subcenters are close to the CBD, so that from any distance from their town is closely correlated with distance from the CBD.

## Influencia de los subcentros metropolitanos en la estructura de los valores Inmobiliarios y nuevos métodos de identificación

**Table No. 10**  
**Summary of models for group**

	Minimal Distance				Test of multicolliality for Mininal distnce
	Constant	Distance a BCN (CBD)	to subcentre		
	R <sup>2</sup>	k	$\beta_{cbd}$	$\beta_{min\_sct}$	
<b>Initial rrgression</b>	0.735	1399.481	7.49	-	-
<b>Only distance with CBD</b>		(36,893)	(-6,787)	-	-
<b>Group1</b>	0.734	1396.36	-7.50	0.367	VIF= 1.572
		(33,873)	(-6,769)	(0,196)	Tolerancia=0.636
<b>Group2</b>	0.734	1394.62	-7.50	0.575	VIF= 1.569
		(33,85)	(-6,733)	(0,308)	Tolerancia=0.637
<b>Group3</b>	0.734	1394.50	-7.551	0.852	VIF= 1.720
		(35.047)	(-6.776)	(0.465)	Tolerancia=0.581
<b>Group4</b>	0.746	1412.93	-7.41	-1.47	VIF= 1.033
		(35.101)	(-6.699)	(-1.999)	Tolerancia=0.968
<b>Group5</b>	0.737	1324.23	-6.82	5.59	VIF= 11.40
		(29.095)	(-6.183)	(2.852)	Tolerancia=0.877
<b>Group6</b>	0.740	1399.00	-5.93	-3.82	VIF= 2.831
		(37.213)	(-4.388)	(-1.954)	Tolerancia=0.353
<b>Group7</b>	0.735	1374.01	-7.25	1.63	VIF= 1.210
		(28.871)	(-6.384)	0.887	Tolerancia=0.826
<b>Group8</b>	0.737	1324.24	-6.82	5.59	VIF= 1.140
		(29.096)	(-6.183)	(2.853)	Tolerancia=0.877
<b>Group9</b>	0.738	1387.08	-8.07	3.14	VIF= 1.502
		(30.584)	(-6.965)	(1.571)	Tolerancia=0.666
<b>Group10</b>	0.742	1400.62	-7.45	-0.19	VIF= 2.141
		(35.263)	(-6.402)	(-0.1)	Tolerancia=0.467

Source: Own compilation based on the modeling results

iv) Hedonic Spatial Regressions

Seeking values for the test models, explored the generation of spatial regression, based on three structures, the first is the weighted OLS, a model of Spatial Lag and Spatial Error Model, all on 1 Queen Contiguity

The weighted OLS model (Table No. 11), improves the settings in the measured squared Pearson coefficient (R2) set of regression, however, are the same problems multicollineality by increasing the adjustment and change of signs for coefficients of the minimum distance. Instead models Spatial Lag and Spatial Error, to incorporate other ways to see the regression analysis to develop further. In Table 12 and 13 shows the improved model to estimate the spatial regressions, both the Spatial Lag, as the Spatial Error. This is due specifically to the improvement introduced by the reduction of spatial autocorrelation of the values of real estate prices.

It notes the increase in the settings, modify the values by the correction factors, the w, or correction coefficient in the case of the Spatial Lag correction factor and waste lambda ( $\lambda$ ), in the case of Spatial error. In the case of Spatial Lag, not significant values of models 1, 5 and 7 and in the case of the Spatial Error, all models are accepted, but has multicollineality group 6. By comparing the values of correction and increasing the settings for the regression, orthogonal axes, which would be possible to establish how or what are the sub-groups are more efficient in their selection reflected in efficiency that require a minor correction to explain prices. In this regard, we show that the vector density models which are best explained by the average prices, in particular the group of the gravitational exponential regression, number 4

**Table No. 11**  
**Summary of models for each group, OLS regression weighted. 1 Queen**

		Constant	Distances A BCN	Minimal Distance of subcentres	dif of r <sup>2</sup>	
		R <sup>2</sup>	k	$\beta$	$\beta^2$	$\beta$
<b>Initial Models</b>	<b>Regression without Subcentres</b>	0.735	1399.48	-7.488	-	-
<b>Initial</b>						
<b>OLS</b>	<b>Regression without Subcentres</b>	0.7433	1396.41	-7.498	0.3699	-
	Group1 LOGDLTL	0.7444	1396.40	-7.499	0.3699	0.0101
	Group2 LOGDVECT	0.7440	1394.66	-7.050	0.5771	0.0097
	Group3 EXPDLTL	0.7443	1394.09	-7.555	0.8566	0.0100
	Group4 EXPDVEC	0.7456	1413.02	-74.120	-1469	0.011
	Group5 G&S	0.7567	1324.22	-68.263	5597	0.022
	Group6 GL	0.7501	1399.07	-59.377	-3815	0.016
	Group7 SPDLTL	0.7452	1374.02	-72.590	1633	0.011
	Group8 SPDVEC	0.7569	1324.23	-68.260	5596	0.023
	Group9 GrvFLE	0.7480	1387.13	-80.719	3148	0.014
	Group10 GrvLTL	0.7440	1400.67	-74.561	-0.019	0.010

Source: Own compilation based on the modeling results

## Influencia de los subcentros metropolitanos en la estructura de los valores Inmobiliarios y nuevos métodos de identificación

Table No. 12  
Summary of model group, Spatial Lag regression. Queen1

		Constant	Distances A BCN	Minimal Distance of subcentres	Z Moran minimal Distance	w
	R <sup>2</sup>	k	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	
<b>Initial Models</b>	<b>Regression without Subcentres</b>	0.735	1399.48	-7.488	-	-
<b>Initial Spatial Lag</b>	<b>Regression without Subcentres</b>	0.8488	479.21	-0.4321	-	<b>0.5973</b>
	Group1 LOGDLTL	0.8501	478.74	-0.3132	1361	-0.953
	Group2 LOGDVECT	0.8498	478.49	-0.3267	-1215	-0.8503
	Group3 EXPDLTL	0.8496	4.75.67	-0.2787	-1031	-0.7368
	Group4 EXPDVEC	0.8490	488.86	-0.4270	-0.640	-0.5668
	Group5 G&S	0.8487	484.89	-0.4555	1290	0.406
	Group6 GL	0.8511	490.06	0.5237	-2557	-1674
	Group7 SPDLTL	0.8489	480.29	-0.4446	1602	-0.113
	Group8 SPDVEC	0.8487	484.89	-0.4555	-1290	0.831
	Group9 GrvFLE	0.8491	474.91	-0.3128	-0.402	-0.259
	Group10 GrvLTL	0.8488	479.83	-0.4141	-0.097	-0.066

Source: Own compilation based on the modeling results

Table No. 13  
Summary of models for each group, regression Spatial Error, Queen1

		Constant	Distances A BCN	Minimal Distance of subcentres	Z Moran minimal Distance	Lambda
	R <sup>2</sup>	k	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$
<b>Initial Models</b>	<b>Regression without Subcentres</b>	0.735	1399.48	-7.488	-	-
<b>Initial Spatial error</b>	<b>Regression without Subcentres</b>	0.8381	1351.27	-58.562	-	0.689
	Group1 LOGDLTL	0.8404	1357.65	-54.581	-2.166	-11.510
	Group2 LOGDVECT	0.8402	1357.53	-54.809	-2.098	-11.150
	Group3 EXPDLTL	0.8420	1348.28	-49.773	-2.974	-14.430
	Group4 EXPDVEC	0.8382	1357.55	-58.282	-0.623	-0.5624
	Group5 G&S	0.8386	1352.89	-57.879	-0.406	-0.2178
	Group6 GL	0.8457	1343.10	-31.152	-6.033	-2.711
	Group7 SPDLTL	0.8421	1364.30	-53.917	-2.582	-1.315
	Group8 SPDVEC	0.8386	1352.88	-57.881	-0.045	-0.217
	Group9 GrvFLE	0.8410	1344.25	-49.395	-2.271	-1.002
	Group10 GrvLTL	0.8405	1353.31	-48.635	-2.952	-1.287

Source: Own compilation based on the modeling results

## V. Conclusions

The identification and selection of a sub-urban metropolitan area, you need a variety of dimensions, and be seen from all of them. According to the model of Alonso and Mills, the location of these work centers on defining the structure of land rents in an urban setting, the work of Muth, and linked with the density of workers and generates negative exponential model, widely used in literature.

The research sought to develop a proposal for the classification of model identification based on the definition of sub and not on existing methodologies, establishing subcentres employment in the metropolitan area of Barcelona and implemented a validation method based on three axes, the explanation of the density of neighbors, mobility or ability to structure and travel flows, and ultimately its impact on the prices of housing situation. Besides exploring the formation of densities that attempt to capture the aspects of mobility, the density vector.

In general, for the metropolitan area of Barcelona has identified a group of 15 sub-centers, corresponding to residues of a positive regression parameter negative exponential. This group proves to be most effective in general terms, explaining the robes, mobility and price.

The vector density was more effective and efficient in identifying sub-metropolitan, shows that it is true in the models and exponential gravity model space, thus adopting. However, the classical exponential logarithmic regression, the difference is no greater and in fact it works almost on a density equivalent to the traditional model.

The values of homes is related to the distance or accessibility subcentres and therefore can measure the efficiency of a sub-group of candidates, the hypothesis is controversial, since it can establish a proper validation of sub-urban but the segmentation of housing markets and hence their change in the attributes of the house, beyond its location on the micro and macro environment, must play a decisive role in the price. Besides the case study shows a correlation between variables and the distance to Barcelona, which, most models are rejected by multicolinealidad, however, the models are allowed and which are better, are consistent with previous validations, therefore, it is estimated that the most robust.

**Bibliografía.**

1. Alonso, W. (1964), *Location and Land Use*, Cambridge, Mass., Harvard University Press.
2. Aguirre, C., Ramos, R., (2005), Impacto del ruido urbano en el valor de los departamentos nuevos: un estudio de precio hedónico aplicado a bienes ambientales. *Revista de la Construcción*, volumen 4, número 1, páginas 59-69.
3. Aguirre, C; Marmolejo C.(2009), "Effects of labor subcentres in urban property values. Case study of the metropolitan region of Barcelona".(f
4. Ascher F.(2004) *Los Nuevos Principios del Urbanismo*, 1era edición en castellano. Alianza Editorial, Madrid, España.
5. Bertaud, A. (2002) *The Spatial Organization of Cities: Deliberate Outcome or Unforeseen Consequence?" World Development Report, Dynamic Development in a Sustainable World. Background Paper.*
6. Burns, M., Moix, M., Roca, J. (2001): *Contrasting Indications of Polycentrism within Spain's Metropolitan Urban Regions, Eighth European Estate Society Conference, Alicante, June 26-29.*
7. Camagi, R. (2005), *Economía Urbana*, 1era Edición, en castellano, Anthony bosch Editores, Barcelona.
8. Coombes, M., Openshaws, S. (1982): *The use and definition of travel-to-work areas in Great Britain: some comments", Regional Studies*, 16, 141–149.
9. Craig, S.G., NG, P.T. (2001) *Using Quantile Smoothing Splines to Identify Employment Subcentres in a Multicentric Urban Area, Journal of Urban Economics*, 49, pp. 100-120.
10. Fujita, M., Krugman, P, Venables, P.(2000), *Economía Espacial, Las ciudades, las regiones y comercio internacional", 1era Edición, Ariel Economía, Barcelona.*
11. García-López, M.A. (2007): *Estructura Espacial del Empleo y Economías de Aglomeración: El Caso de la Industria de la Región Metropolitana de Barcelona, Architecture, City & Environment*, 4, pp. 519-553.
12. Giuliano, G., Small, K.A. (1991), *Subcenters in Los Angeles Region, Regional Science and Urban Economics*, 21, 163-182.
13. Gordon, P, Richardson, H.W.(1996), *Beyond Polycentricity. The Dispersed Metropolis, Los Angeles, 1970-1990, Journal of the American Planning Association*, Vol 62, nº 3, pp. 289-295
14. Gordon, P., Richardson, H.W. & Wong, H.L. (1986) *The distribution of population and employment in a polycentric city: the Case of Los Angeles, Environment and Planning A*, 18, pp. 161-173.
15. Heikkila, E., Gordon, P., Kim, J.I., Peiser, B., Richardson, H.W.y Dale-Johnson, D. (1989): *What happened to the CBD-Distance Gradient?: land values in a polycentric city, Environment and Planning A*, 21, pp. 221-232.
16. Marmolejo, C., Roca, J.(2006) : *Hacia un modelo teórico del comportamiento espacial de las actividades de oficina. Scripta Nova. Revista electrónica de geografía*



- y ciencias sociales. Barcelona: Universidad de Barcelona, 15 de julio de 2006, vol. X, núm. 217. Recuperado. Octubre 2008
17. McDonald, J.F. (1987): The Identification of Urban Employment Subcenters, *Journal of Urban Economics*, 21, pp. 242-258.
  18. McDonald, J.F.; McMillen, D.P. (1990): Employment Subcenters and Land Values in a Polycentric Urban Area: the Case of Chicago, *Environment and Planning A*, 22, pp. 1561-1574.
  19. McDonald, J.F; McMillen, D.P.(1998) "Land values, land use, and the first Chicago Zoning Ordinance, *Journal of Real Estate Finance and Economics* Vol. 16, nº 2, pp. 135-150.
  20. McDonald, J.F., McMillen, D.P. (2007), *Urban economics and real estate: theory and policy*, Blackwell, Malden MA, Boston USA. PP 640.
  21. McMillen, D.P. (2003) Identifying Subcentres Using Contiguity Matrices, *Urban Studies* Vol. 40, nº 3, pp. 57-69.
  22. McMillen, D.P. (2001): "Non-Parametric Employment Subcenter Identification", *Journal of Urban Economics*, 50, pp. 448-473.
  23. McMillen, D.P. (1996): "One Hundred Fifty Years of Land Values in Chicago: A Nonparametric Approach", *Journal of Urban Economics*, 40, pp. 100-124
  24. McMillen, D.P.; McDonald, J.F. (1997): "A Nonparametric Analysis of Employment Density in a Polycentric City", *Journal of Regional Science*, 37, pp. 591-612.
  25. Muñiz, I, (2003) "¿Es Barcelona una ciudad policéntrica?"; Working Paper 03.09; Departament de Economia Aplicada; UAB.
  26. Muñiz,I;Galindo, A.,(2005) Descentralisation, integration and polycentrism in Barcelona ,Working paper,05.12 del departamento de Economia Aplicada Univerddad Autónoma de Barcelona.
  27. Muth, R. (1969). *Cities and Housing*. Chicago: University of Chicago. Chicago, Illinois, Estados Unidos.
  28. O´Sullivan A. (2007) "Urban Economics" 6ta Edición, Mc graw Hill, Nueva York.
  29. Roca(
  30. Redfearn, C.L. (2007): "The Topography of Metropolitan Employment: Identifying Centers of Employment in a Polycentric Urban Area", *Journal of Urban Economics*, 61, pp. 519-561
  31. Shearmur, R.; Coffey, W.J. (2002): "A Tale of Four Cities: Intrametropolitan Employment Distribution in Toronto, Montreal, Vancouver, and Ottawa-Hull, 1981-1996", *Environment and Planning A*, 34, pp. 575-598.
  32. Song, S. (1994): Modelling Worker Residence Distribution in the Los Angeles Region, *Urban Studies* 31, pp. 1533-1544.
  33. White, M.J. (1976): Firm Suburbanization and Urban Subcenters. *Journal of Urban Economics*, 3, pp. 323-343.

Publicación:	<b>Revisiting employment density as a way to detect metropolitan subcentres: an analysis for Barcelona &amp; Madrid</b>	
Autor	Carlos Marmolejo Duarte Carlos Aguirre Núñez Josep Roca Cladera	
Año	2010	
Consideraciones	Congreso	ERSA
	Editorial	ERSA

### Abstract

The changes on metropolitan areas characterized by the dispersion and concentrated decentralization of both employment and population has lead to a specialized research line addressed to analyze polycentrism. In this line there are two families of subcentre identification: the first based on the analysis of density, and other based on the analysis of mobility flows. Huge efforts have been paid, in the first family, to get robust models in statistical terms. Nevertheless, very little attention has been paid to the very object of analysis: employment density. In this paper a different approach to density calculus is proposed, it allows for prioritize, as subcentres, those municipalities that have features close to the urban paradigm of central cities in Southern Europe: have residents, are attractive in labor terms because retain resident employed population, and at the same time, attract commuters; and impact on the overall density function and have functional relations with other municipalities. The efficacy of the proposed density is tested in the metropolitan areas of Barcelona and Madrid. The analysis suggest that the municipalities prioritized as subcentres using this “compound density” excels in modifying both the employment and demographic metropolitan density functions, and are more diverse, concentrate more central activities, and strengthen functional relations with other municipalities in comparison to the results of standard density.

Keywords: Policentrism, new urban economy, metropolitan structure.

### 1. Polycentrism and methodologies to detect subcentres.

The changes on metropolitan areas characterized by the dispersion and concentrated decentralization (Dematteis, 1998) of both employment and population has lead to a specialized research line addressed to analyze polycentric urban systems. The interest of this topic is obvious because a perfect polycentric system would put together two positive aspects of urban systems in the economic arena: the presence of agglomeration economies,

and consequently increasing returns for firms; and a potential reduction of transport costs (including time), and consequently a reduction of both salaries and land rent (McMillen y Smith, 2003; McMillen 2003, McDonald, 2009). On the other hand this urban model would have social and environmental benefits produced by an improvement on the transport planning (McMillen, 2001) and a reduction on commuting (Gordon *et al.* 1986) in case of having networks connecting subcentres (McMillen, *Op. Cit.*). Polycentric system put together the benefits of big and medium cities (McMillen y Smith, *Op. Cit.*) by joining the advantages of traditional centralized cities with a decentralized spatial configuration (McMillen, 2003).

Some theoretical approaches have suggested that the emergence of a polycentric structure is produced by a population growth and mobility costs typical of big conurbations. In this way firms gain benefits when decentralize from CBD and relocate in subcentres, such a movement, allow them to get agglomeration economies, and at the same time, reduce mobility costs, salaries and real estate expenditures. McMillen (2003) and McMillen & Smith (2003) have found that in USA the number of subcentres is explained by the population size and transport costs.

One research line in this topic is the subcentre detection, and mainly, the measurement of polycentrism level (Yiu y Tam, 2006). Most of the methodologies have focussed in the subcentres identification, as well as in the analysis and impact of them on the metropolitan function of both population and employment. In the literature there are two families of subcentre identification: the first based on the analysis of density, and other based on the analysis of mobility flows (i.e. residence-to-work place).

### 1.1 Methods based on the density analysis

The first family based on the analysis of density is fairly the most used, according to McMillen (2001) “a reasonable working definition of a sub-centre is a site (1) with significantly larger employment density than nearby locations that has (2) a significant effect on the overall employment density function”. In this family there are four major methodologies: **1)** The first criterion suggested by McDonald (1987) is based on the identification of employment density “peaks”, McDonald considers that a subcentre is a second crest beyond CBD. This criterion consist in analyze density employment with GIS aid to detect local disruptions; alternatively the ratio employment/population can be used to detect zones that outstands as relative concentrations of economical activity. Gordon, Richardson & Wong (1986) have restricted the number of subcentres only to those zones with high *t-values*; this line has been continued by McDonald & McMillen (1990) and Craig & Ng (2001). **2)** The second approach consists in the use of inferior and superior cutoffs; this line was originally proposed by Giuliano & Small (1991) who considered as subcentres those

contiguos census tracts whose density is above 10 employees per acre, having a total critical mass of 10,000 or more working places. According to McMillen (2001) this latter methodology is interesting since thresholds are supported by the “local knowledge” of researchers (some times it is also a disadvantage), and it allows to make and historical analysis of the subcentre structure. The referents of this method are: Song (1994); Cervero & Wu (1997); McMillen & McDonald (1997); Bogart & Ferry (1999); Anderson & Bogart (2001); Shearmur & Coffey (2002); and Giuliano & Readfearn (2007). In this line Muñiz & García-López (2003) and García-López (2007) has proposed as subcentres those zones having a density above the metropolitan average, and at the same time, at least 1% of metropolitan employment. **3)** From an econometric perspective there is a third methodology which identify as potential subcentres to those zones that have significant residuals in a exponential negative density model. McDonald & Prather (1994) has suggested several models to detect subcentres based on the identification of zones with positive residuals significant at 95% confidence level. **4)** The fourth approximation is based on non-parametric models (e.g.: locally or geographically weighted regression), in order to detect “peaks” adjusting locally (prioritizing the effect of neighboring municipalities on the adjust process) the density function McMillen (2001 y 2002), Craig & Ng, (2001); Readfearn (2006); and Readfearn (2007). The main advantage of this method is that allows for determining local gradients of density reduction across the metropolitan area.

### 1.2 Methods based on the analysis of functional relations

The second family of methods is based on the understanding that subcentres, not only are zones “abnormally” dense in the metropolitan space, but also structural nodes able to strength the functional relation with their surrounding municipalities. In general the methods based on the analysis of functional interactions have been designed to delimit territorial systems (Nel-lo, 1998), like the Travel To Work Areas in England, the Statistical Metropolitan Areas in USA or the Functional Urban Areas, in particular some of them, have gone in the detection of subcentres that structure such territorial systems. Some referents in this line are in Bourne (1989); Gordon & Richardson (1996); Burns, Moix & Roca (2001); Roca & Moix (2005) and Roca; Marmolejo & Moix (2010).

According to this latter authors, by analyzing the interaction among the municipalities in a metropolitan system, and namely, using the interaction value (originally proposed by Coombes & Openshaw in 1982) it is possible to delimit the most interlinked areas forming a subsystem (in their terminology called proto systems), and it is easy to find the biggest municipality inside which has the most intense relation with the remaining municipalities, finding in this way the subsystem’s subcentre. In this way, the method proposed is a bottom-up procedure, where firstly the influence area is delimited, and secondly, the point

with maximum interaction is detected (i.e. the centre attracting and emitting the biggest proportional residence-work flows).

### 1.3 Objective, case study and data.

The aim of this research is to propose and evaluate an alternative way to compute employment density, in order to prioritize subcentres that, being employment concentrations with influence on the overall labor and demographic functions, do retain their own resident population; also, these subcentres should have a diversified economical structure. It is to say prioritize municipalities with the paradigmatic characteristics of Mediterranean urban centres, beyond the traditional (north) American<sup>3</sup> concept of employment subcentre. The rest of the paper is organized as follows: 1) first it is discussed the nature of employment density used in the literature, 2) second an alternative way to compute such a density is proposed, the efficiency of this new approach is tested in two Spanish metropolitan areas; and finally 3) the results and findings are discussed in perspective in the final remarks.

The efficiency of the proposed density is tested, at a municipal level, at the Metropolitan Region of Barcelona<sup>4</sup> (MRB). As a proxy of the location of economical activity the working places derived from 2001 Census mobility matrix are used. This data is classified according to 2 digits Spanish Standard Industrial Classification and 1 digit Occupation Classification. Effective (net) urban land is derived from a semi-automatic process of remote sensing using Spot Imagery (see Alhaddad, *et al.* 2006) from year 2000. Distance between municipalities derives from a GIS analysis using effective road networks. Only to validate the conclusions, the analysis is repeated in Metropolitan Madrid (a structurally different metropolitan region). Madrid is basically a monocentric urban system, and Barcelona is slightly more policentral (MMAMB, 1995; ATM 1998; Burns *et al* 2001 & CPSV, 2001).

## 2. Employment density revisited in the paradigm of Mediterranean metropolitan subcentres

As it has been said in the first part, in the field of methods based on density huge efforts have been invested to develop econometric models that progressively have gained robustness. In this context outstands the use of spatial models which allows for considering

---

<sup>3</sup> With few exceptions (e.g. Applied Economics Department of the Universitat Autònoma de Barcelona, the Laboratoire d'Analyse et des Techniques Economiques de la Université de Bourgogne and the Centre of Land Policy and Valuations of the Universitat Politècnica de Catalunya, the huge contributions to the subcentre literature come from USA. For that reason the subcentre concept is quite different of the (still) predominant paradigm in Southern Europe.

<sup>4</sup> MRB has 164 municipalities in 3,100 Sq.Km, in 2001 had 4.39 million inhabitants and 1.96 million localized work places. For a description of MRB see García-López (2007) for an excellent description of economical structure; Muñiz *et al* (2003) and Sánchez (1998) for an historical evolution analysis and Marmolejo & Stallbohm, (2008) for an analysis of urban land patterns.

the geographical interdependencies. From the perspective of thresholds the development has not been quite different, since cutoffs have been modified in order to get results coherent with aprioristic hypothesis of subcentres. Nevertheless the very object of analysis (i.e. employment density) has received little attention, main criticism arises on the “aggregated treatment” of density: this simplification do not allow to distinguish the density generated by the workers that arrive from other zones (in commuters), from that density that is endogenously generated, it is to say, resident population that works in the same place where they live (resident workers). For that reason, using the normal or aggregated density, it is not possible to distinguish those municipalities that are dense because attract commuters and at the same time retain resident workers (mature subcentres with implications on the territorial structure), from those that are “accidentally” dense without having important attraction flows (employment peaks without functional relations with neighboring municipalities), and from those that are dense but are not able to have population or retain resident workers as it is discussed below.

From a urban perspective it would be expectable that subcentres, beyond employment peaks (including those that are dense because import workers), were truly (perhaps modest) alternatives to CBD as it has been suggested by McMillen (2003, p.2) “Large subcenters can look remarkably similar to a traditional central business district (CBD), with thousands of workers employed in a wide variety of industries.”; and McMillen (2001, p.17) “The diversity of business types may be lower than in the city, but large subcenters sometimes appear to mimic the diversity of CBDs”. Besides a metropolitan subcentre should have a given number of features as:

- Diversity in its economical structure, subcentres should be places that reinforce complex networks of cooperation, complementarity and competence (Rueda, 1996, 1998 and 2002). Diversity understood as complexity, it is to say a group of discrete variables with a significant content of information, about its abundance and interactions (Margalef, 1991).
- Concentration of central activities as retailing and office based activities, namely those activities that produce (by means of their market areas) hierarchical relations on the territorial arena (Nel·lo, 1998), activities that produce territorial linkages based on services and good distribution (Berry, 1958).
- Concentration of economical activity but also residence, being able to retain the working population because of their attractive and employment diversification. Subcentres double attractive as a place to work and live.

As it is evident, such characteristics are consubstantial to the concept of metropolitan subcentre in the paradigm of European Mediterranean metropolises. Which is quite far from the North American urban paradigm (Dematteis, 1998) where have been envisaged the methods to detect subcentres. The gap increases when it is realized that an important part of subcentres in European metropolises are product of functional integration of ancient cities which were originally independents in labor market terms Muñiz *et al.* (2003).

In contraposition, those zones that do not have these features (e.g. a manufacturing industrial area or a suburban office park) cannot be accepted as *metropolitan* subcentres in the paradigm above said, although it should be recognized as simply employment subcentres<sup>5</sup>. As a consequence simply employment concentrations are more closed to the concept of suburban that to the concept of what urban means (Keating, 2001; Duany & Plater-Zyberk, 2000), it is to say are more close to the urbanization without out the capacity to give structural cohesion to the territory. Suburban is what Salvador Rueda (1998, p. 83) has called “A simplified organizational stage with an elevated consume of resources”, a stage with a scarce entropic level. Even the concept of Edge City proposed by Garreau (1991) might be close a what conceptually is *an emergent metropolitan subcentre*<sup>6</sup>: a non central zone, that having more employment than residents, is economically diversified, since it combines qualified office activities, with consume centres, where specialized and sophisticated goods and services (e.g. art galleries) are offered; also it can be reconigzed as a “place” as defined by Silvestro & Roca (2007)<sup>7</sup>. Definitely, the city depends on the existence on qualified simultaneity and meeting “places” (Lefebvre, 1969).

Coming back to the employment density, in the literature is computed dividing total employment (Localized Working Places or LTL by its Spanish initials) by net urban area (without distinguishing the effective land used by firms). By using total employment (LTL) this calculus lost valuable information. A different way to compute density may help to

---

<sup>5</sup> Although, as it has been documented by McMillen (2003) for Chicago (1970-2000), the employment subcentres, formerly mono-specialized, as the time goes, have the tendency to evolve towards a more diverse economical structure, approaching to that of the overall metropolitan system.

<sup>6</sup> Even Garreau considers the existence of Edge Cities coming from the evolution of former independent satellite cities called “uptowns”.

<sup>7</sup> A metropolitan subcentre should be a place in the philisophical asception of the term. Silvestro & Roca (2007) support, on the previous work of Caturelli, that the home is the place per excellence, and only in a second logical moment are the streets that soruounds it, coming after the neighbourhood, and finally the city. As a consequence place is a space which is inhabited as a expression of the corporeity, and an extension of home. That is the reason because a simply employment concentration cannot and should not be considered as a (sub)centre when it does not offers enough warranties that beyond the labor aspect, can supply the proper spaces for other human activities.

identify veritable subcentres (in the sense discussed before) from simply employment concentrations.

An alternative way to compute density is to analyze separately the density produced by commuters coming from other municipalities (incoming flows IF) from that produced by resident workers (RW) (Aguirre, 2008). Note that the sum of IF and RW are the total employment (LTL). The bigger is IF, in proportional terms, the higher is the capacity of a given municipality to attract workers; and the bigger is RW, in proportional terms, the higher is the capacity of a municipality to retain its occupied workers. From a conceptual framework it is possible to distinguish 3 types of subcentres:

1. Municipalities whose density is basically produced by IF would be those specialized in economical activity, having few or none resident population (e.g. an office park), or possible those municipalities which labor force does not match the profile of firm's labor demand. It is difficult to consider as a *metropolitan* subcentre this kind of employment subcentres.
2. Municipalities whose density is basically produced by RW would be those with few or null functional linkages with its context, it is to say those autonomous or with a high self-sufficiency<sup>8</sup> in terms of labor market. Again, it is not possible to consider as a metropolitan suncentre this kind of zones without spatial interactions.
3. Municipalities whose density is produced by a, relatively balanced, combination of IF and RW would be those: *a) enough attractive in residential terms to have population, b) enough attractive in employment terms to retain part of their working population, and at the same time, c) enough diverse to attract workers from elsewhere, it is to say, to employ people with a different professional profile that their own residents.* Those triply attractive municipalities would be close of our concept of Mediterranean metropolitan sub centre.

---

<sup>8</sup> Self-sufficiency is the relation between resident workers (RW) and total employment (LTL) as follows

$$As = \frac{RW}{LTL}$$

The bigger is AS, the higher is self-sufficiency.



### 3. A proposal to compute a “compound density”

Therefore the question is include, in some way, in the analysis of identification of subcentres (based on econometric models) the information that brings the desagregated analysis of density. One alternative way to compute a “compound density” is given in (1):

$$Cd = \frac{RW*IF}{a} \tag{1}$$

As it can be notice, instead of sum the components of total employment –LTL- (i.e. incoming flows –IF- and resident workers –RW-) they are multiplied before to be divided by the urbanized area (Ua). This operation intensifies the density of those zones (e.g. municipalities) that have a balanced composition of IF and RW. Therefore the product is bigger in those zones approaching to equilibrium (case d in table 1). It is to say that are triply attractive since they: a) have population, b) retain part of their working population, and c) attract employees from other zones.

Table 1 Proprieties of compound density.

	FE	RW	LTL	Ua (km2)	Ds
Case \ Algorithm	a	b	.= a+b	c	.= (a*b)/c
a	200	800	1.000	10	160
b	300	700	1.000	10	210
c	400	600	1.000	10	240
d	500	500	1.000	10	250
e	600	400	1.000	10	240
f	700	300	1.000	10	210
g	800	200	1.000	10	160

Source: Own elaboration

In order to test whether this compound density correlates better than normal density with some urban indicators conceptually associated to centrality it has been built table 2 using data from MRB at municipal level. Such indicators are:

- Location coefficient<sup>9</sup> (LC) of information activities based in offices, considering both qualified (managers, professionals, scientists, intellectuals) and semi-qualified (support technicians and clerks). As well the LC of sales assistants and providers of personal services (as a proxy for retail and services oriented to population), and qualified manufacturing. LCs have been computed using data from employment classified according to Spanish Standard Industrial Classification (CNAE –Spanish initials) and National Occupational Classification as it has been suggested by Marmolejo & Roca (2008). It is expected to find central municipalities specialized both in managerial activities and retail. The diversity index<sup>10</sup> using 2001 Census data of employment classified in 2 digits of CNAE. It is expectable that municipalities that exert centrality functions were diversified.
- Self-sufficiency and self-containment computed using data from residence-work data (from 2001 Census)<sup>11</sup>. If a given municipality maximizes both indicators would be autarchic in terms of labor market (i.e. all the residents would live and work in the same municipality and all firm's labor force would be locally supplied).
- The integrated Interaction value<sup>12</sup> (built from the interaction value of Coombes & Openshaw, 1982) between each municipality and the remaining municipalities of

<sup>9</sup> Location coefficient is calculated as follows

$$LC = \frac{\frac{LTLx_i}{LTL_i}}{\frac{\sum_i^n LTLx_i}{\sum_{ix}^n LTLx_i}}$$

Where  $LTL$  is employment localized,  $x$  is a given industry of economical activity and  $i$  is a given municipality of the metropolitan system.

<sup>10</sup> It has been used the Shannon index:  $H = -\sum_{i=1}^n \ln(P_i x) * P_i(x)$ , where  $P_i(x)$  is the probability to find a  $x$  element (i.e.: employment in a given industry) in municipality  $i$ . The sum is multiplied by -1 in order to get a positive indicator. Therefore the bigger is  $H$ , the higher the diversity.

<sup>11</sup> Self-containment is the ration between resident workers (RW) and resident employed population (REP)

$$Sc = \frac{RW}{REP}$$

<sup>12</sup> The integrated interaction value is calculated as follows:

$$SumVI_i = \sum_{i,j=1}^n \left( \frac{F_{ij}}{REP_i LTL_j} \right) + \left( \frac{F_{ji}}{REP_j LTL_i} \right)$$

Where  $Sum VI_i$  is the sum of interaction value between a  $i$  given municipality and all  $j$  others;  $F$  are the residence-to-work journeys,  $REP$  is the resident employed population and  $LTL$  is the total localized employment.

metropolitan system, using the same data that the other indicators. The bigger is this indicator, the stronger is the reflexive linkage between this municipality and the rest of the metropolis.

Table 2: Partial correlations between compound and normal density with selected urban indexes.

	LC Qualified information activities	LC Semi-qualified activities of information	LC Retail employees	CL Qualified industry activities	Diversity Index of LTL	Self-sufficiency	Self-containment	Interaction Value
Ln normal density	0.02	0.10	0.05	0.05	0.07	0.54	0.04	0.40
Sig. (2-tailed)	0.78	0.22	0.56	0.54	0.36	0.00	0.66	0.00
Ln composed density	0.08	0.21	0.03	0.15	0.32	0.68	0.03	0.53
Sig. (2-tailed)	0.46	0.01	0.73	0.07	0.00	0.00	0.74	0.00

Source: own elaboration

Note: the control variable is the distance to Barcelona.

As it can be observed (Table 2) “compound density” is more correlated, in comparison to traditional density, with: 1) information activities, 2) retail, 3) diversity of economical activity, 4) self-sufficiency, and 5) interaction value (although the correlations are significant only in 4 cases). Therefore, compound density, after controlling the distance to CBD, tends to be more correlated with the indicators coherent with our conceptual definition on *metropolitan* subcentre.

Nonetheless, it is necessary to test the performance of compound density in the subcentre identification using traditional econometric models. Following the most used models in literature<sup>13</sup>, the subsequent functional expressions have been used, and they derive from the linearization of the classical negative exponential model:

$$LnD = C + B_1 Dist_{CBD} \tag{2}$$

$$LnD = C + B_1 Dist_{CBD} + B_2 Dist_{CBD}^2 \tag{3}$$

$$LnD = C + B_1 Dist_{CBD} + \frac{B_2}{Dist_{CBD}} \tag{4}$$

<sup>13</sup> According to Greene & Barnbrock (1978), as early as 1892 the negative exponential function was used by H. Bleicher to explain the distribution of population in Frankfurt.

Table 3 contains the results of apply the aforementioned expressions using both normal and compound density for MRB data. It can be observed that models fit better to the compound density, since  $R^2$  and the Anova's  $F$  statistics have a significant increase. In all the models have the expect sign: i.e. the bigger is the distance to CBD, the lower is the density. The semilog functions allows for measure the semi-elasticity of density when distance to CBD increases, therefore the coefficient of this latter covariable is the density gradient reduction in percent terms (i.e.: the density % reduction for each Km.). For that reason urban economist consider that such a gradient can be used as a indicator of urban dispersion, the lower is the gradient, the bigger the metropolitan sprawl (McMillen, 2001; Muñiz *et al.*, 2003)<sup>14</sup>.

Note that in functional expression (3) the positive sign of coefficient  $\beta_2$  (squared of distance to CBD) is representative of the influence on the model's fit that have dense municipalities (potential subcentres) located at periphery of MRB as Vilanova and Vilafranca (47,64 Km and 48,51 Km respectively) and, in a less degree, the influence of Pineda and Sant Celoni (54,90 Km and 50,72 Km respectively). Also in functional expression (4) the positive sign of  $B_2$  is what was expected and representative of the direct relation between employment density and proximity to CBD.

While models calibrated following functional expressions (3) and (4) has a higher determination coefficient than the classical model (2), do not suffice the classical assumptions of this kind of econometric models in terms of homocedasticity and multicolineality according to Park test and to the variance inflation factor (VIF). Consequently the attention should be focused on results of model (2). According to this latter model, normal density decreases 3% for each Km from CBD; and 10% for compound density (this bigger coefficient is coherent with the multiplicative nature of this latter density, see (1)).

As it has seen the model (2) fit best the compound density, nonetheless it is necessary to test if the prioritized municipalities as potential subcentres (i.e.: those municipalities with the higher positive residuals) using this model excels the model that uses normal density. In the literature a usual way to validate the municipalities or zones candidates to subcentre is to test whether or not they modify the overall metropolitan density function after having controlled the distance to CBD. This evaluation follows the second condition for a subcentre suggested by McMillen (2001) "sub-centre is a site (1) with significantly larger employment density than nearby locations that has (2) a significant effect on the overall employment

<sup>14</sup> Although to compare sprawl between different metropolises the scale has to be previously normalized.

density function". However the effect should reach not only the employment density function, but also the residential density as well as the land rent and the mobility patterns (McDonald, 1987).

## Influencia de los subcentros metropolitanos en la estructura de los valores Inmobiliarios y nuevos métodos de identificación

Table 3 Models with normal density and composed fewer than three functional expressions in Barcelona metropolitan region.

	Ln normal density	Ln compound density	Ln normal density	Ln compound density	Ln normal density	Ln compound density
	.( 2 )	.( 2 )	.( 3 )	.( 3 )	.( 4 )	.( 4 )
R <sup>2</sup> adjusted	0.26	0.37	0.31	0.40	0.31	0.41
F	57.81	92.69	36.94	54.06	36.27	56.16
F (sig)	0	0	0	0	0	0
Constant	8.15	16.71	9.14	18.93	7.18	14.19
Dist. Bcn (B <sub>1</sub> )	-0.03	-0.10	-0.10	-0.25	-0.02	-0.06
Dist. Bcn (sig)	0	0	0	0	0.001	0
Dist. Bcn <sup>2</sup> (B <sub>2</sub> )			0	0		
Dist. Bcn <sup>2</sup> (sig)			0	0		
1/Dist. Bcn (B <sub>2</sub> )					10.97	28.44
1/Dist. Bcn (sig)					0	0
Park test						
(sig. B <sub>1</sub> )	0.76	0.40	0.09	0.36	0.06	0.57
VIF MAX			23.13	22.87	22.83	2.28

Source: Own elaboration

From the perspective of the employment density analysis this second stage involves the introduction a new covariable containing the distance to nearest subcentre, as follows<sup>15</sup>:

$$\text{Ln}D = C + B_1 \text{Dist}_{\text{CBD}} + \frac{B_2}{\text{Dist}_{\text{subC}}} \quad (5)$$

It is important to note that the number of potential subcentres has been established in 13. These numbers correspond to municipalities having residuals superior to average+1 sd. Table 4 summarizes the results, both (poliocentric) models have a better fit that the previous (monocentric) models, while the subcentres detected via the compound model excels the other. *This may suggest that municipalities that are prioritized by means of compound density are, as a group, more efficient in the explanation of overall metropolitan employment density that those prioritized by means of normal density.* The sing of the coefficients is what was expected and there are not serious problems of both heterocedasticity and multicolineality.

Therefore, as it has been shown, compound density seems to prioritize those municipalities with major influence on the overall metropolitan employment density. Nonetheless, in the bid rent theory (Alonso, 1964; Muth, 1969; Mills, 1972), the tradeoff is between distance to the CBD (where economical activity epitomizes) and residential density not employment density (McMillen, 2003). It is important to note that employment concentrations do not only mean employment opportunities, but also, centres where services and products are distributed, so on, they should have a double influence on residential density since residential urban fabrics contain both potential employees and consumers. For that reason it is necessary to check whether residential density is influenced by employment subcentres previously prioritized. It is important to distinguish two kinds of demographic density: 1) the total population density and, 2) the effective resident employed population (REP). This distinction is not futile since analyses derived from residential mobility data (Statistic of Residential Variations coming from the citizens register –in Spanish Padrón Municipal-) reveals that household's locative decisions depend on the age of their integrants, and

<sup>15</sup> Please note that by introducing the inverse of distance to nearest subcentre, the multicolineality problems are reduced. However, this expression assume the hypothesis that the effect exert by subcentres over the overall density function is lower than the effect of CBD, so assuming that the effect of subcentres is more localized in contraposition to a more generalized effect of CBD as it has been suggested by McMillen (2003), McMillen (2004) and García-López (2008). An alternative way to resolve this issue is using factorial analysis to reduce the metropolitan geometry to a non-correlated n-space.

consequently on the probability to be employed. So, it is expectable that potential employed people's residence is more dependent to location of employment.

In Table 5 the results of polycentric models are summarized. First of all, in both approaches (normal and compound density) employment subcentres are able (as expected) to explain better the spatial distribution of resident employed population than total population. All the models are statistical significant and meet the requirements of OLS calibration. What is important is that municipalities prioritized as subcentres by means of compound density excels on the explanation of the overall density function of both REP and total population. In all models the density gradient that represents the density decay when distance to CBD increases is constant (-0.03). Furthermore the density gradient is higher in the case of subcentres detected using compound density that from those prioritized using normal density (*1.87 in relation to 0.36 and 1.79 in relation to 0.34 respectively*), therefore *compound density overscore results of normal density by prioritizing municipalities as subcentres having a bigger impact on metropolitan density function*. On the other hand the best model of demographic density ( $r^2= 0.38$ ) is quite less adjusted than the best model of employment density ( $r^2= 0.56$ ), this may support the hypothesis that firms location is more conditioned by agglomeration economies than residential location as it has been discussed by Gordon *et al.* (1986). Particularly in the case of qualified knowledge intensive services more represented in the case of Barcelona in CBD, subcentres and surrounding municipalities (Marmolejo & Roca 2008, Pérez & Marmolejo 2008). These latter activities, albeit use intensively TICs as way of interaction, still require face-to-face contacts in their productive process (McMillen, 2001; Marmolejo & Roca, 2006).



*Table 4 Influence of the potential subcentres on the overall employment density in Barcelona metropolitan region.*

	Ln normal density	Ln composed density	Municipalities prioritized according to normal density	Municipalities prioritized according to compound density
	.( 5 )	.( 5 )		
R <sup>2</sup> adjusted	0.31	0.56	Vilafranca del Penedès	Barcelona
F	36.88	102.6	Mataró	Vilafranca del Penedès
F (sig)	0	0	Calella	Vilanova i la Geltrú
			Malgrat de Mar	Mataró
			Granollers	Malgrat de Mar
			Barcelona	Sabadell
Constant	8.15	16.24	Vilanova i la Geltrú	Granollers
			Pineda de Mar	Pineda de Mar
Dist. Bcn (B <sub>1</sub> )	-0.04	-0.12	Sabadell	Calella
Dist. Bcn (sig)	0	0	Sant Martí Sarroca	Terrassa
			Puigdàlber	Tordera
1/Dist.sub (B <sub>2</sub> )	0.37	7.21	Sant Sadurní d'Anoia	Sant Celoni
1/Dist. sub (sig)	0	0	Martorell	Martorell
Park test				
(sig. B <sub>1</sub> )	0.58	0.39		
VIF MAX	1.02	1.05		

Source: Own elaboration

Note: Municipalities are sorted in descending order according to the residuals of model (2)

and only 13 were selected (equivalent to the municipal residuals in exceeding is 1 standard deviation)

## Influencia de los subcentros metropolitanos en la estructura de los valores Inmobiliarios y nuevos métodos de identificación

Table 5 Influence of the potential subcentres on the overall demographic density in Barcelona metropolitan region.

	Ln total population density		Ln employed population density	
	Subcentres detected with normal density	Subcentres detected with compound density	Subcentres detected with normal density	Subcentres detected with compound density
R <sup>2</sup> adjusted	0.30	0.35	0.33	0.38
F	35.91	44.26	40.87	50.19
F (sig)	0	0	0	0
Constant	9.09	8.96	8.27	8.15
Dist. Bcn (B <sub>1</sub> )	-0.03	-0.03	-0.03	-0.034
Dist. Bcn (sig)	0	0	0	0
1/Dist.sub (B <sub>2</sub> )	0.36	1.87	0.34	1.79
1/Dist. sub (sig)	0	0	0	0
(sig. B <sub>1</sub> )	0.65	0.91	0.34	0.8
VIF MAX	1.02	1.05	1.02	1.05

Source: Own elaboration

Note: The first 13 municipalities with highest positive residuals where selected as potential subcentres

As it has been shown the compound density results suggest that compound density improves the process of subcentre identification by selecting, using standard econometric functions, those municipalities that better explain the spatial distribution of both economic activity and population. Albeit it is still necessary to test whether identified municipalities meet the conceptual requirements of central cities in the framework of the Southern Mediterranean paradigm. For this reason a continuous evaluation (using different urban indicators) of municipality prioritization as subcentres has been performed. Results are contained in Figure 2, for each graphic in the X axis the municipalities have been ranked in decreasing order according to their residuals (using model 2); the blue-dashed line represents the model built using standard density and the red-continuous line represents the model built on compound density (please note that for the same x point there are different municipalities since each municipalities has different relative residuals derived

from both density analysis). In the Y axis it is represented the cumulative value of the following urban indicators:

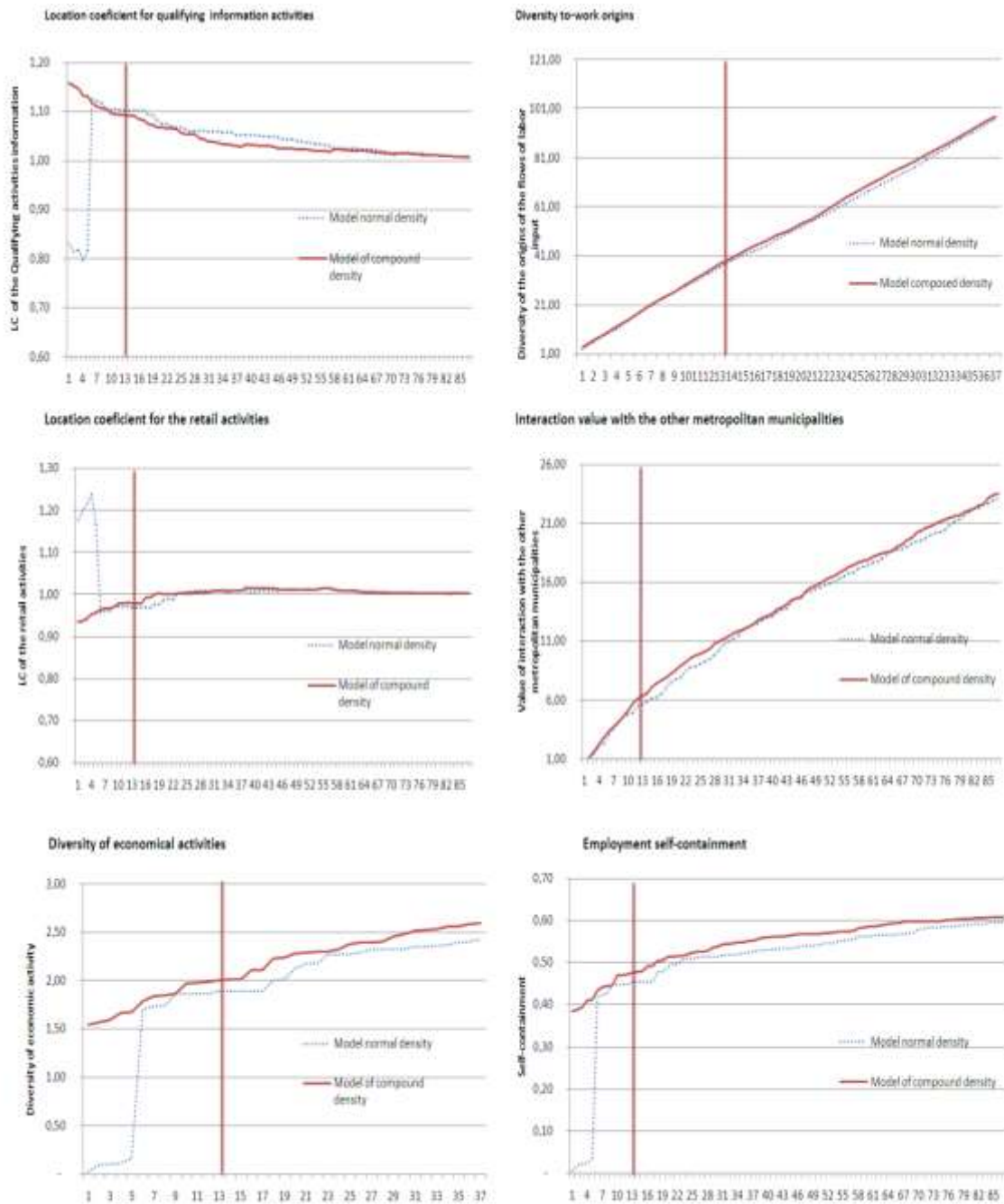
- Location coefficients (LC) of both, qualified information activities and retail. When  $LC > 1$  then the municipality is specialized in such activities.
- Diversity index, the bigger is this index, the higher is the complexity of economical activity
- Diversity of residence-to-work origins, the bigger this index, the higher the quantity of municipalities with functional relations with a given municipality.
- Integrated interaction value between a given municipality and the remaining metropolitan subcentres: the bigger is this index, the highest the functional relation between this municipality and the whole metropolitan system.
- Self-containment, the bigger is this index, the higher the capacity to retain resident employed people on firms localized in a give municipality.
- As observed, only with the exception of the CL of information activities, according to the rest of the indicators the compound density seems to prioritize those municipalities that are: 1) more specialized in retail activities, 2) more diverse in terms of economical structure, 3) more linked with the rest of the metropolitan system according to the intensity and complexity of linkages, 4) that have a higher attractive to retain resident employed population. This prioritization is evident when a cutoff is posed in the first 13 municipalities (which correspond to those with positive residuals above 1sd using normal density and model 2).
- Finally, only with the aim to verify the conclusions extracted for Barcelona the analyses have been repeated in Madrid Metropolitan Area (MMA)<sup>16</sup>, this latter system is structurally different since the level of polycentrism is lower than in Barcelona. Nevertheless as it has been suggested by McMillen & Smith (2003; p 336) “developing the necessary cross-sectional data set is difficult because most subcenter identification procedures require a great deal of local knowledge to produce reasonable results”.

---

<sup>16</sup> The metropolitan system of Madrid is different according to the delimitation methodology used. According to NUREC in 1996 it had 14 municipalities in 1,185 SqKm, on the other hand, GEMACA (1996) suggests that in 1996 had 136 municipalities in an extension of 6,239 km<sup>2</sup>. In this research, only with the aim aforementioned, the delimitation of GEMACA (1996) has been used plus 4 municipalities from the Guadalajara’s province which are clearly metropolitan in physical and functional terms: Alovera, Azuqueca de Henares, Guadalajara y Cabanillas

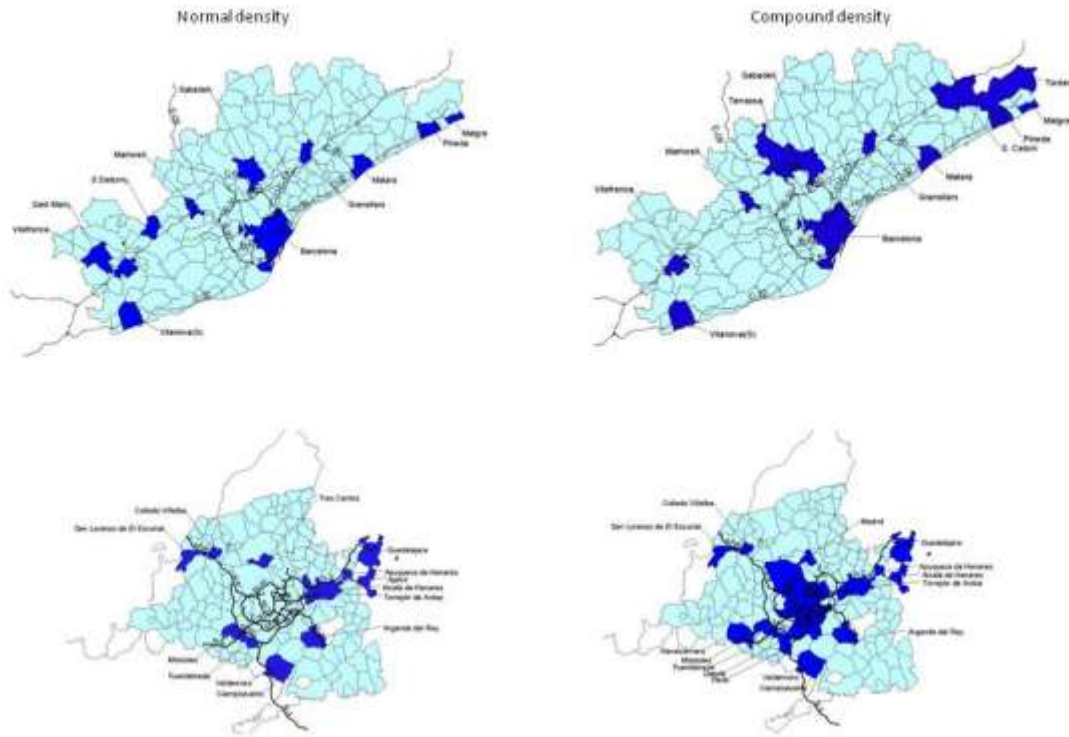
Influencia de los subcentros metropolitanos en la estructura de los valores Inmobiliarios y nuevos métodos de identificación

Figure 1: Continues evaluation of potential subcentres  
(Blue dashed=Normal density; Continued-red=Compound density)



Source: own elaboration  
Note: The red vertical line defines the first 13 municipalities

**Figure 2: First 13 municipalities prioritized as possible subcentres to the different densities in the Barcelona an Madrid metropolitan region.**



Source: Own elaboration.

Table 6 reports the results of the policentric<sup>17</sup> model for MMA, as it can be seen, as in the Barcelona case; in Madrid the compound density also prioritize the municipalities with higher capacity to give structure to the overall function of employment density. Again, the results of Table 7 suggest that municipalities prioritized as potential subcentres using compound density has a bigger explanatory power in the metropolitan distribution of population, specially again on the effectively employed population, in comparison with those municipalities prioritized by normal density. Hence the analyses in Madrid coincide with those for Barcelona’s Metropolitan Region.

<sup>17</sup> The number of subcentres has been remained, as well as in Barcelona’s system, in 13 to control the differences they may emerge produced by the inclusion of a different number of potential subcentres. Ultimately, the aim of this paper is not to discuss the exact number of subcentres in Madrid’s system, but the efficiency of compound density.

Influencia de los subcentros metropolitanos en la estructura de los valores Inmobiliarios y nuevos métodos de identificación

*Table 6 : Influence of the candidates potential subcentres on the overall employment density, in the Madrid metropolitan area*

	Ln normal density	Ln compound density	Municipalities prioritized according to normal density	Municipalities prioritized according to compound density
	.( 5 )	.( 5 )		
			Guadalajara	Guadalajara
R <sup>2</sup> adjusted	0,473	0,637	Torrejón	Alcalá
F	63.398	122.783	Arganda	S.Lorenzo
F (sig)	0	0	S.Lorenzo	Collado
Constant	7.79	16.91	Ajalvir	Azuqueca(Hen)
Dist. Bcn (B <sub>1</sub> )	-0.038	-0.141	Alcalá	Madrid
Dist. Bcn (sig)	0	0	Collado	Arganda
1/Dist.sub (B <sub>2</sub> )	1.4636	5.72	Valdemoro	Fuenlabrada
1/Dist. sub (sig)	0	0	Ciempozuelos	Valdemoro
Park test	0.549	0.083	Azuqueca(Hen)	Móstoles
(sig. B <sub>1</sub> )			Fuenlabrada	Torrejón
VIF MAX	1.037	1.037	Tres	Getafe
			Móstoles	Ciempozuelos

Source: Own elaboration

Note: Municipalities are sorted in descending order according to the residuals of model and only 13 were selected (equivalent to the municipal residuals in exceeding is 1 standard deviation)

Therefore, the distinction between municipalities that are dense because they attract work-commuters and, at the same time, retain part of their own employed population is not futile. Consequently a compound density built on the distinction of incoming flows and resident workers allows for prioritizing those municipalities that are close to the concept of central city in the (still-valid) paradigm of Mediterranean metropolises in Europe.

Table 7 Influence of the potential subcentres on the overall demographic density in Madrid metropolitan area.

	Ln total population density		Ln employed population density	
	Subcentres detected with normal density	Subcentres detected with composed density	Subcentres detected with normal density	Subcentres detected with composed density
R <sup>2</sup> adjusted	0.304	0.363	0.381	0.43
F	31.299	40.659	43.835	53.536
F (sig)	-	-	-	-
Constant	8.719	8.622	8.013	7.949
Dist. Bcn (B <sub>1</sub> )	-0.03	-0.03	-0.033	-0.032
Dist. Bcn (sig)	0	0	0	0
1/Dist.sub (B <sub>2</sub> )	0.75	1.38	0.75	1.32
1/Dist. sub (sig)	0	0	0	0
Park test	0.711	0.377	0.895	0.301
(sig. B <sub>1</sub> )				
VIF MAX	1.038	1.038	1.038	1.041

Source: Own elaboration

Note: The first 13 municipalities with highest positive residuals were selected as potential subcentres

## Conclusions.

One of the more plethoric research fields in the analysis of metropolitan structures is the identification of employment subcentres. Two research lines have clearly emerged: those based on the analysis of employment density (i.e. work places/urbanized area); and those based on the analysis of functional relations (residence-to-work commuter flows). Notably the first line has been the most used. So, the method based on density analysis has progressively gained complexity, by introducing new statistical approaches that have allowed for the consideration of spatial interdependences.

Nonetheless, in the literature few or null attention has been paid to the very analysis object: employment density. The aggregated treatment of the numerator (total number of employees), in the calculus of normal density, does not allow for considering the density produced by incoming commuters coming from other zones (e.g. municipalities) from that endogenously generated as a consequence of resident employed population that decide to work in the same zone. That is the reason because, the classical density work, does not allow for identify those zones triply attractive: 1) given that they have residents, 2) since

they are in labor terms enough attractive to retain part of this employed population, and 3) because they are enough attractive (e.g. economically diversified) to attract workers from other metropolitan municipalities. In the urban paradigm of Mediterranean central cities it would be acceptable to recognize as metropolitan subcentres to those zones that being adequately dense: have, retain, and attract employed population. Of course there are some exceptions as office or manufacturing parks that being employment concentrations do not have residents, these zones cannot be considered as (sub) central cities in the abovementioned conceptual urban framework.

Daniel McMillen (2001) has recognized that although a (employment) subcentre is a place that has a significant superior density than neighboring zones, and has an influence on the overall density, also “Large subcenters can look remarkably similar to a traditional central business district (CBD), with thousands of workers employed in a wide variety of industries” (McMillen 2003, p. 2). Furthermore, in the (still) valid Mediterranean framework subcentres should be characterized by: 1) have a complex economical structure, 2) concentrate activities with capacity, by means of their spatial markets, to give hierarchy to the territory, and 3) concentrate, beyond economic activity, residence. Thus, necessary conditions to meet the aforementioned triple attractive.

An alternative way to re(consider) the density is by differentiating in the numerator the incoming flows of employment (IF) from those retained (resident workers RW). So this compound density is computed as follows:  $Cd = IF * RW * Ua^{-1}$  (being  $Ua$  the effective urbanized area). The multiplicative effect of the numerator allows for prioritize those zones that have a kind of equilibrium between IF and RW, thus has the advantage to stand out those municipalities triply attractive.

This compound density has been tested in the context of the Metropolitan Region of Barcelona (MRB) which has been said as one of the most polycentric urban systems in Spain. Namely this test has consisted in contrast the results of compound density with those of normal or traditional density in a standard semi-log model addressed to detect subcentres by means of the analysis of positive residuals. The comparison of results suggests that municipalities prioritized as potential subcentres using the compound densities have: 1) a major potential to explain, together with the CBD, the overall employment density function ( $R^2=0.56$  in comparison to  $R^2=0.31$  derived from traditional density); 2) the same about the overall demography function ( $R^2=0.35$  in relation to  $R^2=0.30$  for total population, and  $R^2=0.38$  in relation to  $R^2=0.33$  for effectively employed population); 3) a major impact on the density gradient of neighboring zones according to coefficient B of distance to nearest subcentre; 4) a higher specialization in retail activities; 5) a stronger functional linkage with



the remaining metropolitan municipalities; and 9) a major potential to retain to their employed residents.

Only to ratify the aforementioned conclusions the analyses have been repeated in a structurally different metropolitan area: Madrid. Unlike Barcelona Madrid has a more monocentric structure. The results seems to reinforce the general conclusions for Barcelona's system: again the model fits better when compound employment density is used, and prioritized municipalities have more explaining power over the metropolitan density function of both employment and population.

In this way, the disaggregation of the essential components of employment density, seems to reveal significant information in the subcentre detection process. Stressing those that, being important employment concentration, do comprise the (still) paradigmatic features of central cities in Southern European Cities.

### References.

- Alonso, W. (1964), *Location and Land Use*, Cambridge, Mass., Harvard University Press.
- Anderson, N.B. & Bogart, W.T. (2001): "The Structure of Sprawl. Identifying and Characterizing Employment Centers in Polycentric Metropolitan Areas", *Journal of Economics and Sociology*, 60, pp. 147-169.
- Alhaddad, B.; Marmolejo, C.; García, A.; Camprubi, L.; Roca, J.; 2006. Remote Sensing influence on Urban Agglomeration Delimitation, "Spot 5 imagery application on the metropolitan area of Barcelona" *5th European Congress on Regional Geoscientific Cartography and Information*
- *System Earth and Water*. Econgéo 2006, Barcelona, España.
- ATM; Autoritat del Transport Metropolità (1998). "Diagnosi del sistema i directrius del pla director d'infraestructures". Barcelona.
- Berry, B.; Garrison, W.; (1958): "The Functional Bases of the Central Place Hierarchy." *Economic Geography* 34: 145-154.
- Bogart, W.T. & Ferry, W.C. (1999): "Employment Centres in Greater Cleveland: Evidence of Evolution in a Formerly Monocentric City", *Urban Studies*, 36, pp. 2099-2110.
- Bourne, L. S. (1989): "Are new urban forms emerging? Empirical tests for Canadian urban areas", *The Canadian Geographer*, 4, pp. 312-328.
- Burns, M., Moix, M. & Roca, J. (2001): "Contrasting Indications of Polycentrism within Spain's Metropolitan Urban Regions", paper for the Eighth *European Estate Society Conference*, Alicante, June 26-29.
- Cervero, R. & Wu, K-L. (1997): "Polycentrims, Commuting and Residential Location in the San Francisco Bay Area", *Environment and Planning A*, 29, pp. 865-886.
- Craig, S.G. & Ng, P.T. (2001): "Using Quantile Smoothing Splines to Identify Employment Subcenters in a Multicentric Urban Area", *Journal of Urban Economics*, 49, pp. 100-120.
- Coombes, M. & Openshaw, S. (1982): "The use and definition of travel-to-work areas in Great Britain: some comments", *Regional Studies*, 16, 141-149.

- CPSV,(1998); “*Estudios sobre la delimitación de áreas metropolitanas españolas*”, informe de investigación, 105 páginas.
- CPSV (2001): “*Delimitacion del área metropolitan de Barcelona*”, Working paper, 80 paginas
- Dematteis, G. (1998). "Suburbanización y periurbanización. Ciudades anglosajonas y ciudades latinas", en “*La ciudad dispersa*”, Editado por F. J. Monclús, Centro de Cultura contemporánea Barcelona, Barcelona.
- Duany & Plater-Zyberk, (2000) Duany, A.; Plater-Zyberk,E.:(2001) “*Suburban Nation: The Rise of Sprawl and the Decline of the American Dream*”. North Point Press. 320 pp
- García-López, M.A. (2007): “Estructura Espacial del Empleo y Economías de Aglomeración: El Caso de la Industria de la Región Metropolitana de Barcelona”, *Architecture, City & Environment*, 4, pp. 519-553.
- García-López, M.A. (2008): “Manufacturas y servicios en la RMB, cambios en la estructura espacial de su empleo”; *Revista de Estudios Regionales*, 83,pp 197-224.
- Garreau (1991) *Edge City: Life on the New Frontier*. Doubleday & Company.New York, Edición, 576 pag.
- GEMACA(1996); “Les regions Metropoles de l’europa du Nord-ouest”; *Limites geographiques et structures économiques*, Paris.
- Giuliano, G. & Small, K.A. (1991): “ Subcenters in Los Angeles Region”, *Regional Science and Urban Economics*, 21, 163-182.
- Giuliano G. ; Redfearn C.L., (2007), “Employment concentrations in Los Angeles, 1980–2000”, *Environment and Planning A* 39 (12),pp. 2935–2957.
- Gordon, P., Richardson, H.W. & Wong, H.L. (1986): “The distribution of population and employment in a polycentric city: the Case of Los Angeles”, *Environment and Planning A*, 18, pp. 161-173.
- Gordon, P. & Richardson, H.W. (1996): “Beyond Polycentricity: the Dispersed Metropolis, Los Angeles 1970-1990”, *Journal of American Planning Association*, 62, pp. 289-295.
- Greene & Barnbrock (1978) Greene, D.L. (1980): “Recent Trends in Urban Spatial Structure”, *Growth and Change*, 11, 2940.
- Gujaratti, D. (2004) “*Econometria*”, McGraw-Hill, 4ta edición en Español, México
- Heikkila FF, (1988) “Multicollinearity in regression models with multiple distance measures”; *Journal of Regional Science*. Vol 28, número 3; 345-362
- Keating, L. (2001) “*Atlanta: Race, Class And Urban Expansion (Comparitive American Cities)*”, 1era edición, Temple University press, Philadelphia, EEUU.
- Nel-lo, Oriol : (2001) “*Ciutat de ciutats*”. Barcelona, Ed. Empúries.
- Lefebvre, Henri (1969) “*Sociología de Marx.*” Traducción: Juan Ramón Capella. Barcelona: Ediciones Península.. 184 p.
- MMAMB (1995), “*Mancomunitat de Municipis del’area metropolitan de Barcelona Dinámiques metropolitanes a l’area i la regió de Barcelona*”, Diputació de Barcelona.
- McDonald, J.F. (1987): The Identification of Urban Employment Subcenters, *Journal of Urban Economics*, 21, pp. 242-258.

- McDonald, J.F. (2009), Calibration of a monocentric city model with mixed land use and congestion *Regional Science and Urban Economics*, Volume 39, Issue 1, January 2009, pp. 90-96
- McDonald, J.; McMillen, D. (1990): Employment Subcenters and Land Values in a Polycentric Urban Area: the Case of Chicago, *Environment and Planning A*, 22, pp. 1561-1574.
- McDonald, J.; Prather, P. (1994): "Suburban employment centres: The case of Chicago", *Urban Studies*, 31, pp. 201-218.
- McMillen, D.; McDonald, J.F. (1997): "A Nonparametric Analysis of Employment Density in a Polycentric City", *Journal of Regional Science*, 37, pp. 591-612.
- McMillen, D. ; McDonald, J.F. (1998); "Suburban subcenters and employment density in metropolitan Chicago" *Journal of Urban Economics*, Vol. 43, pp.157-180.
- McMillen, D. (2001): "Non-Parametric Employment Subcenter Identification", *Journal of Urban Economics*, 50, pp. 448-473.
- McMillen, D. (2001): "The centre restored: Chicago's Residential price gradients reemerges" *Economics Perspectives*, 2Q/2002.
- McMillen, D. (2003): "Employment subcentros in Chicago: Past, Present and future" *Economics Perspectives*, 2Q/2003
- McMillen, D. (2003): "The return of centralization to Chicago: Using repeat sales to identify changes in house price distance gradients", *Regional Science and Urban Economics*, 33, 287-304.
- McMillen, D.; Smith, S. (2003) "The number of subcenters in large urban areas" *Journal of Urban Economics* nº 53, pp. 321-338.
- McMillen D (2004): "Employment densities, spatial autocorrelation, and subcenters in large metropolitan areas", *Journal of Regional Science*, 44, pp. 225-243.
- Mills, E. (1972) "*Studies in the Structure of the Urban Economy*". London, John Hopkins Press.
- Margalef, (1991) "*Teoría de los sistemas ecológicos*", 1era Edición, Ediciones Universitat de Barcelona, Barcelona.
- Marmolejo, C., Roca, J. (2006) : Hacia un modelo teórico del comportamiento espacial de las actividades de oficina. *Scripta Nova*. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales. Barcelona: Universidad de Barcelona, 15 de julio de 2006, vol. X, núm. 217
- Marmolejo, C.; Stallbohm, M. (2008) "En contra de la ciudad fragmentada: ¿hacia un cambio de paradigma urbanístico en la Región Metropolitana de Barcelona?" *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*. Barcelona: Universidad de Barcelona, 1 de agosto de 2008, vol. XII, núm. 270 (65).
- Marmolejo, C; Roca, J. (2008) La localización intrametropolitana de las actividades de la información: un análisis para la Región Metropolitana de Barcelona 1991-2001. *Scripta Nova*. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias sociales. Barcelona: Universidad de Barcelona, 1 de julio de 2008, vol. XII, núm. 268
- Martori, J.C. Y J. Suriñach (2002) "Urban Population Density Functions: The Case of the Barcelona Region" *Documents de Recerca Universitat de Vic* nº 6, pp. 1-18.

- Muñiz, I., Galindo, A. & García-López, M.A. (2003): “Cubic Spline Density Functions and Satellite City Delimitation: The Case of Barcelona”, *Urban Studies*, 40, pp. 1303-1321.
- Muñiz, I.; García-López, M.A. y A. Galindo (2008): “The effect of employment subcentres on the population densities in Barcelona”, *Urban Studies*, 45: 627-649
- Muth, R. (1969). *Cities and Housing*. Chicago: University of Chicago. Chicago, Illinois, Estados Unidos.
- NUREC (1994): “Atlas of agglomerations in European Union”; Network on Urban research in the European Union, Duisberg.
- Pérez, C.; Marmolejo, C. (2008) ;. “La localización intrametropolitana de las actividades de la innovación: un análisis para la Región Metropolitana de Barcelona”. Scripta Nova. *Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*. Barcelona: Universidad de Barcelona, 1 de agosto de 2008, vol. XII, núm. 270 (153)
- Redfearn, C.L. (2007): “The Topography of Metropolitan Employment: Identifying Centers of Employment in a Polycentric Urban Area”, *Journal of Urban Economics*, 61, pp. 519-561
- Roca, J., Moix, M. (2005): “The Interaction Value: Its Scope and Limits as an Instrument for Delimiting Urban Systems”, *Regional Studies*, 39, pp. 359-375.
- Roca, J. Marmolejo, C; Moix, M; (2010), “Estructura Urbana y Policentrismo. Hacia una redefinición del concepto”, *Urban Studies* (en prensa)
- Rueda, S. (1996); “Marco general de desarrollo sostenible aplicado a casos de buenas prácticas en medio ambiente urbano”. *En Ciudades para un futuro sostenible*. Habitat II. Primer catálogo español de buenas prácticas. Vol I, MOTPMA, Madrid.
- Rueda, S. (1998) “Periurbanización y complejidad de los sistemas urbanos”, en “*La ciudad dispersa*”, Editado por F. J. Monclús, Centro de Cultura contemporánea Barcelona, Barcelona.
- Rueda, (2002) en la ciudad dispersa, en Hacia una nueva cultura de ordenación del territorio.
- Sánchez J., (1998), “Barcelona: transformaciones en los sistemas productivos y expansion metropolitana”, en “*La ciudad dispersa*”, Editado por F. J. Monclús, Centro de Cultura contemporánea Barcelona, Barcelona.
- Shearmur, R.; Coffey, W.J. (2002): “A Tale of Four Cities: Intrametropolitan Employment Distribution in Toronto, Montreal, Vancouver, and Ottawa-Hull, 1981-1996”, *Environment and Planning A*, 34, pp. 575-598.
- Silvestro, J.M., Roca, J. (2007) La ciudad como lugar. *ACE: architecture, city and environment = arquitectura, ciudad y entorno* [en línea]. 2007, vol.1, núm. 3. P. 400-411. Disponible a: <[http://www.cpsv.upc.es/ace/Articles-n3/29\\_silvestro.pdf](http://www.cpsv.upc.es/ace/Articles-n3/29_silvestro.pdf)>. ISSN 1886-4805.
- Song, S. (1994): “Modelling Worker Residence Distribution in the Los Angeles Region”, *Urban Studies* 31, pp. 1533-1544.
- Yiu, C; Tam, C; (2007), “Housing price gradient with two workplaces — An empirical study in Hong Kong”. *Regional Science and Urban Economics*, Volume 37, Issue 3, Pages 413-429



---

Influencia de los subcentros metropolitanos en la estructura de los valores Inmobiliarios y nuevos métodos de identificación

Publicación:	Time-density and polycentrism in the spanish metropolitan system: a first approach	
Código	C8	
Autor	Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro; Aguirre Núñez, Carlos Andrés; Cerda Troncoso, Jorge Francisco.	
Año	2011	
Consideraciones	CTV	

# New ways of life. Is polycentrism tackling dispersal in Mediterranean metropolises?: A first approach

Carlos Marmolejo Duarte<sup>\*1</sup>, Carlos Aguirre Núñez, Manuel Ruiz Lineros & Jorge Cerda Troncoso<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>Associate, Centre of Land Policy and Valuations, CA1, Polytechnic University of Catalonia, Spain

<sup>2</sup>PhD Centre of Land Policy and Valuations, CA1, Polytechnic University of Catalonia, Spain

---

## Abstract

Metropolization has become the prevailing way of life in a world where 53% of its population lives in cities. Nevertheless, urban expansion has followed different models beyond suburbs and sprawl, in metropolises where CBDs do not more over score on the concentration of neither population nor employment. This paper explores how life organizes in polycentric metropolises. Using time-density analysis multiple-purpose subcentre has been detected in Barcelona's metro area. Results suggest that 70% of time used out of home by inhabitants is spent in time-dense subcentres, so such nodes do have an important paper in the structuration of urban life in contemporary metropolises. According to multiple regression models time-density in Barcelona's area is basically explained by the absence of suburb-like neighborhoods and the diversity of economic activities, at the time that street-level retail and cultural facilities (e.g. art galleries, museums, etc.) reinforce the temporal use of urbanized land. At Spain level, with exception of Zaragoza, all the remaining 6 main metropolitan areas show a polycentric nature coexisting with a still important CBD. These findings may improve the 2050 and beyond design agenda for regional and urban planning.

**Keywords:** Polycentricism, urban expansion, suburbanization, land consumption

---

## 1. Beyond monocentric cities

Monocentric cities employed to explain the self-organizing process in urban economics models do not more exist. In most of contemporary metropolises CBD does not concentrate the most of employment nor population of urban systems, or ever it does not exist like in Los Angeles (Krugman, 1996). Sprawl and polycentrism have emerged as new paradigmatic structures in large cities (McDonald, 1987; McDonald & McMillen, 1990; Giuliano & Small, 1991, Muñoz & Garcia-López, 2009, among others). Meanwhile these process often coexist, they have contradictory effects: urban sprawl has been seen as an inefficient way of urban growth in contraposition to polycentrism which has become attractive for both scholars and decision makers. So in large contemporary metropolises has emerged a new way of life where suburbs coexist with

city centres, metropolises have become in cities of cities (Nel-lo, 2001) with many realities overlapping in different layers. The objectives of this paper are: first to explore the way in how urban life organizes in the context of polycentric systems; second, to explore which urban attributes are behind the formation of metropolitan subcentres; and third to explore the level polycentrism in traditionally compact Mediterranean cities.

## 2. Why is polycentrism a desirable way of life and how is detected in large cities

The European Spatial Development Perspective (ESDP) agreed in 1999 proposes the promotion of polycentrism as a European Union central policy. At continental scale polycentrism is understand as the promotion of alternative centres, outside of the so called "pentagon"<sup>1</sup>, but at regional level, the polycentric notion is associated to a concentrated-decentralization from central cities to

---

\*Contact Author: Carlos Marmolejo Duarte, Associate, Polytechnic University of Catalonia, address C. Jordi Girona, Local de La Cup (Edifici C3) Campus Nord UPC, 08034 Barcelona, tel. +34 405 4385 fax +34 93 333 0960 (*The publisher will insert here: received, accepted*)

---

<sup>1</sup> Defined by the metropolises of London, Paris, Milan, Munich and Hamburg.

emergent ones functionally linked among them, but not necessarily contiguous. Theory suggests that perfect polycentric system would offer the two major economic advantages of urban systems: the presence of agglomeration economies, which result in increasing returns for firms, and a potential reduction of transport costs (including time), which lead to a reduction in salaries and land rent (McMillen & Smith, 2003; McMillen, 2003; McDonald, 2009), what promotes urban competitiveness. Moreover, this urban model would have social and environmental benefits arising from an improvement in transport planning (McMillen, 2001) and a drop in commuting (Gordon *et al.* 1986) if the network is designed to connect subcentres (McMillen, *Op. Cit.*). In that way polycentric systems offer the benefits of large and medium-sized cities (McMillen and Smith, *Op. Cit.*) by combining the advantages of traditional centralized cities with a decentralized spatial configuration (McMillen, 2003).

Polycentrism can be achieved not only by *decentralization* of employment from CBD due the existence of centrifugal forces (i.e. agglomeration diseconomies), but also, by the functional *integration* of formerly independent urban centres. This latter line is affiliated to Central Place Theory which considers that market areas are defined by the willingness to travel of individuals for achieving the consumption of goods and services centrally distributed (Christaller, 1933). In this respect when travel cost are reduced the expansion of market areas allows for integrate central places as subcentres (Champion, 2001). Whether polycentric urban structures come from decentralization or integration, the continuing argument in urban economics theory is that both overall land rents and density gradients are conjointly influenced by the proximity to CBD and subcentres. Subcentres, therefore, mimic at local scale the influence that is exerted by CBD in the global scale.

In order to empirically detect subcentres the vast majority of methodologies <sup>2</sup> have focused on the identification of subcentres by *alternatively* studying: a) how dense in employment terms is a site (controlling or not the distance to CBD); or b) the influence of a site in organizing the commuting flows coming from neighboring sites. Such criteria have clearly defined two families of subcentre

identification, where density analysis is, by far, the most extended family. In literature density has been seen as a proxy for human interaction, since the higher is the quantity of persons per sq.km the higher is the interaction probability which is accepted to be behind of the essence of urban systems.

### 3. How life organizes in polycentric urban structures

In literature the density used to detect urban systems and its structure has been related to employment or population. These approaches give a narrow image of how urban life is organized across space, especially in post-industrial cities where leisure, culture, and education has gained share in the use of time. Furthermore, employment or population density, does not account for the time that people effectively stay in each site. In flexible labor markets part-time jobs, distributed work and telecommuting has emerged as new ways to carry out economical activities. For that reasons, in this paper we propose time-density as a new way to study the way in how life is organized in contemporary metropolises. By analyzing travel-chains from mobility surveys, at micro-data level (i.e. individuals), it is possible to know: *what, where and how long* people are doing. In this paper, the Survey of Quotidian Mobility (SQM) carried out in 2001 by the Metropolitan Transport Authority in the Metropolitan Region of Barcelona is analyzed. Namely activities studied are those carried out from home: work, shopping, visit friends and familiars, study, health visits, and leisure. By summing the time that different people expend in the same place and activity and dividing it by the effectively artificialized land <sup>3</sup> we construct specific time-density for each activity.

Metropolitan Region of Barcelona (MRB) had in 2001, 4.3 M inhabitants, 2.0 M jobs in 3,100 sq. km of which only 744 were urbanized, arranged in 164 municipalities. It has a polycentric structure, dominated by a central conurbation around Barcelona's municipality. This structure is basically conformed by integration of formerly independent cities with medieval origins and endogenous growth located between 20 and 50 km from the municipality

<sup>2</sup> See an excellent review of this literature in Roca *et al.* (2009).

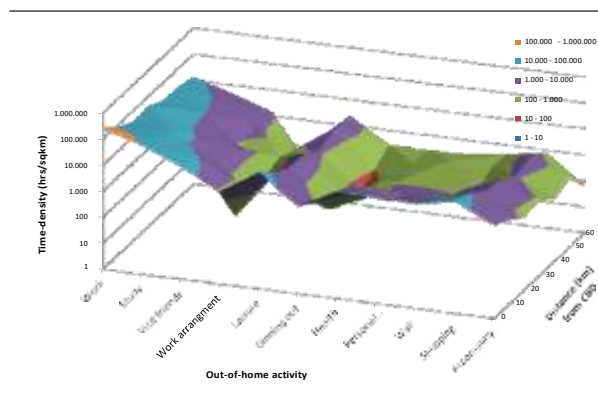
<sup>3</sup> Artificial land has been obtained from remote sensing using satellite imagery in the Corine Land Cover framework.



of Barcelona. According to SQM of total time expended out-of-home in a typical non holiday week in RMB people expend 55% working, 23% studying, 11% in leisure, visiting friends and relatives and dining out, 4% shopping; other activities like health services occupy 2% or making things such personal and work arrangements occupy 3%.

In spatial terms, as depicted in Figure 1, the bigger is the distance from CBD the lowest the time-density and the lower the diversity of use of space. Nevertheless this reduction is far to be lineal, because of the existence of subcentres, so the peaks located between 20 and 30 km. correspond to them.

Figure 1 Unidirectional distribution of time-density by activity



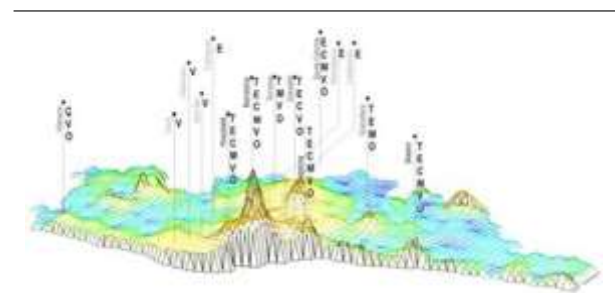
Source: Own elaboration using Survey of Quotidian Mobility 2001 (ATM)

As discussed in the previous section density analysis has been extensively used to detect subcentres. In this paper we use the cut-offs approach to find dense spots of time distribution in Barcelona. Such a procedure, originally devised by Giuliano & Small (1991) consists in setting two minimum thresholds one related to density (e.g. jobs/sq. km) and other to critical mass (e.g. jobs). Those thresholds rely on the qualitative knowledge of local researchers. García-López (2007) and Muñoz *et al.* (2008) has suggested for Barcelona that a subcentre could be a municipality concentrating at least 1% of metropolitan employment, and having an employment density superior to the average metropolitan density. In this paper we follow such criteria to find nucleus of time density.

In figure 2 it is possible to observe the 11 municipalities suggested as subcentres by the classic job density. In contraposition time-density proposes 16 municipalities. Job density is unable to detect

important non-job concentrations like Cerdanyola and Esplugues specialized in university and secondary education respectively or Vilanova in retail. Furthermore, time-density allows for differentiating subcentres by their diversity. Barcelona municipality (i.e. the CBD) is the most time-dense spot and at the same time the most diverse thus is pointed out as subcentre in all 6 out-of-home analyzed activities, in this same diversity condition are Hospitalet and Badalona which are also located in the central conurbation, and Mataró. In a second level of diversity is Santa Coloma another conurbated municipality and the rest of subcentres: Sabadell, Terrassa, Granollers and Vilanova. The remaining of 16 subcentres is mono-specialized in activities like study or leisure.

Figure 2 Time-density subcentres in Barcelona



Municipality	Central conurbation	Subcentre according to classical job density	Subcentres by activity according to specific time-density						Sum	
			Work + Time-density (all activities)	Study	Shopping + personal arrangement	Health	Visit friends and dining out	Leisure + walking		
			T	E	C	M	V	O		
Barcelona	1	1	457.787	1	1	1	1	1	1	6
Hospitalet de Llobregat	1	1	224.681	1	1	1	1	1	1	6
Badalona	1	1	207.475	1	1	1	1	1	1	6
Mataró	1	1	149.029	1	1	1	1	1	1	6
Sabadell	1	1	209.964	1	1	1	1	1	1	6
Santa Coloma de Gramenat	1	1	187.731	1	1	1	1	1	1	6
Terrassa	1	1	100.576	1	1	1	1	1	1	6
Granollers	1	1	133.132	1	1	1	1	1	1	6
Vilanova i la Geltrú	1	1	78.741	1	1	1	1	1	1	6
Esplugues de Llobregat	1	1	171.236	1	1	1	1	1	1	6
Cerdanyola del Vallès	1	1	130.706	1	1	1	1	1	1	6
Cornellà de Llobregat	1	1	120.202	1	1	1	1	1	1	6
Malaspina	1	1	90.610	1	1	1	1	1	1	6
Llavina	1	1	72.510	1	1	1	1	1	1	6
Sant Boi de Llobregat	1	1	76.451	1	1	1	1	1	1	6
Viladecans	1	1	75.158	1	1	1	1	1	1	6
Mataró	1	1	68.989	1	1	1	1	1	1	6
NRB		11	3.297	7	11	7	7	11	8	

Source: Own elaboration using 2001 Quotidian Mobility Survey (ATM) and 2001 Residence-to-work mobility from National Census (INE)

In order to test whether subcentres detected via time density performs better than those detected via de classical job density some urban indicators (interaction value <sup>4</sup>, entropy of residence-to-work

<sup>4</sup>This indicator is as follows:

$$SumVI_i = \sum_{i,j=1}^n \left( \frac{F}{REP_i \cdot JOB_j} \right) + \left( \frac{F}{REP_j \cdot JOB_i} \right)$$

Where REP is the resident employed population, JOB is the number of Jobs and F is the commuting flow between i and j. The higher is this

travels<sup>5</sup>, labor self-containment, diversity of economic activity, and specialization in qualified office based activities) have been constructed. Results suggest that subcentres identified by means of time-density are, in relation to those identified by means of classic job density: a) more functionally linked to the rest of the metropolitan system, b) receive labor commuting from more municipalities, c) have stronger self-containment (i.e. more capacity to retain residents in labor terms), d) are more diverse, and e) are more specialized in top-qualified office activities. *Thus time density allows for detecting subcentres that meets the expected features of metropolitan centralities.*

In this context 70% of time used out of home by inhabitants from MRB is spent only in 10% of municipalities (16 subcentres among 164 municipalities). The most clustered activities are those related to health (90% of time is spent in its respective subcentres), and the most dispersed is working with only 67% of time spent in employment subcentres. The rest of activities account around 75%. *These figures let us know the importance of subcentres in the structuration of life in polycentric metropolises.*

#### 4. What's behind time-density function?

Up to know the importance of subcentres in structuring the daily life in contemporary metropolises has been depicted. Nevertheless, it is necessary to explore the urban attributes that induce high time-densities. Such an exploration is carried out by means of the following model at municipal level:

$$Td_i = f(U_i, A_i, E_i, S_i) \quad (1)$$

Where  $Td$  is the time density of a given municipality  $i$ ,  $U_i$  are attributes linked to urban structure (built density, land use, fragmentation of urban fabric, etc.),  $A_i$  are indicators of accessibility,  $E_i$  from environmental amenities and  $S_i$  those related to socioeconomics. Those explicative factors respond to the fact that according to bid rent theory density follows land rent, and this latter is influenced by aforementioned

---

indicator; the strongest is the functional link between municipalities.

<sup>5</sup> This indicator has been calculated using the H of Shannon. The higher is this indicator the most diverse is the resident-to-work origin of travels ending at a given subcentre.

attributes.

In the first model the explained variable is the log of time-density (considering all activities together), this model calibrated by OLS, is able to explain 65% of variation of time-density in the space. The statistical significant covariables are: Net built density (0.512, 0.000); the ratio of income flows/outgoing flows which is an indicator of nodality of sites (0.112, 0.026); the diversity of economic activities (0.165, 0.003); the percentage of retail at street level (0.156; 0.026); the percentage of cultural facilities (0.136, 0.024); the percentage of suburb-like neighborhoods (-0.195; 0.001) and finally the index of urban fragmentation<sup>6</sup> (-0.146; 0.008), between parenthesis are Beta coefficients and Sig. values. As seen, beyond built density, time-density is basically explained by the absence of suburb-like neighborhoods and the diversity of economic activities, at the time that street-level retail and cultural facilities (e.g. art galleries, museums, etc.) reinforce the temporal use of urbanized land. So the design of urban fabrics, not only in terms of land use, but also of design has a strong influence on the way in how people expend the time out of home.

Time-dense spots not only means saving in land consumption and mobility, but also, a huge opportunity to reinforce the social cohesion by means of interaction in common spaces.

#### 5. Is polycentrism tackling urban sprawl in Mediterranean metropolises?

In order to respond such a question it is necessary to know: 1) what is the real extension of Spanish metropolitan areas, 2) how polycentric are them, and 3) how much people live and work in subcentres. In this paper the methodology proposed by Roca and Moix (2005) on delimitation of metro areas has been followed for the 7 bigger Spanish metropolises: Madrid, Barcelona, Valencia, Bilbao, Seville, Zaragoza and Málaga. Such a methodology is based on the interaction value built on residence-to-work

---

<sup>6</sup> This index measures how fragmented is the land consumed in a municipality, the higher it is, the higher is the number of fragments in which the city is organized and the more homogeneous is their size. It is computed as follows:

$$Frag_i = -1 \sum_{j=1}^n \{P [Ln(P_j)]\}$$

mobility data, in Figure 3 are depicted the results. In order to detect the polycentricism of such metropolises the same methodology used in section 3 has been used.

Figure 3 Delimitation of main Metropolitan Areas in Spain

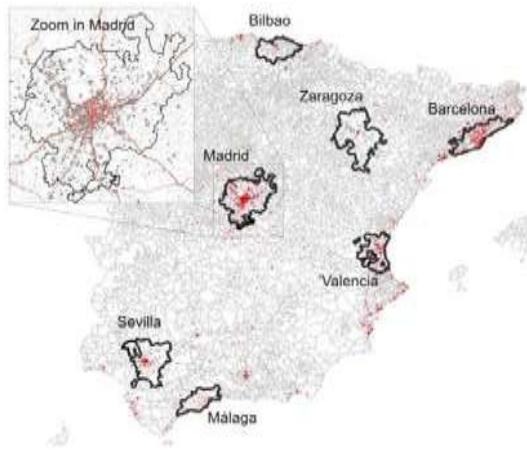


Figure 4 contains the main figures of metropolises. As it can be seen in terms of number of subcentres Barcelona and Valencia outstands as the most polycentric areas. Nevertheless this indicator of polycentricism is sensible to the number of municipalities in metro areas. For that reason the share of employment and population located at subcentres (excluding the CBD) has been used as a better indicator of polycentricism. In such an approximation Barcelona is the top polycentric metro area since 24% of its employment is on subcentres and 29% of its population. On the contraposition is Zaragoza with only 3% of employment and 0.15% of its population located in subcentres. In terms of “similar” size metro areas Barcelona is more polycentric than Madrid; Bilbao that Valencia, and this latter than Seville; and Málaga than Zaragoza.

*Significantly, with exception of Zaragoza, most of the metro areas have a polycentric nature, with a still very important CBD in terms both of employment and population. This finding is quite important, and represents a point of inflexion on the historical urban growth process dominated by continuous urbanization of urban centres.*

More research is needed to answer whether or not polycentricism is gaining weight as predominant way of growth in front to dispersal in Spanish metropolises. In such line our research team is working.

Figure 4 Main figures of Spanish metropolises and polycentricism

	Jobs	Population	Artificial land (Sq km)	Subcentres
Madrid	2.45	5.5	860	9
Barcelona	1.90	4.5	745	12
Valencia	0.69	1.8	315	12
Sevilla	0.45	1.4	237	2
Bilbao	0.44	1.2	112	9
Zaragoza	0.30	0.7	127	2
Málaga	0.37	1.0	194	5

	Job% in subcentres	% population in subcentres	Nat density (Jobs+Pop)/Artificial land
Madrid	13%	18%	9,291
Barcelona	24%	29%	8,636
Valencia	17%	15%	7,897
Sevilla	1%	1%	7,719
Bilbao	19%	22%	14,809
Zaragoza	3%	0%	8,066
Málaga	13%	13%	7,032

Notes: Jobs and population expressed in Millions of people

### Final Remarks

Monocentric cities employed to explain the self-organizing process in urban economics models do not more exist. Sprawl and polycentricism have emerged as new paradigmatic structures in large cities. The objectives of this paper were: first to explore the way in how urban life organizes in the context of polycentric systems; second, to explore which urban attributes are behind the formation of metropolitan subcentres; and third to explore the level polycentricism in traditionally compact Mediterranean cities. In order to respond the first two questions a time density has been constructed using information of travel-chain surveys in Barcelona’s metro area (MRB). In order to detect time-density subcentres cut-off approach has been used. Analyses suggest that 70% of time used out of home by inhabitants from MRB is spent only in 10% of municipalities (16 subcentres among 164 municipalities). The most clustered activities are those related to health (90% of time is spent in its respective subcentres), and the most dispersed is working with only 67% of time spent in employment subcentres. These figures let us know the importance of subcentres in the structuration of life in polycentric metropolises. In order to explore what urban factors are behind the formation of time-density multiple regression analyses has been carried out. As it has

been shown, beyond built density, time-density is basically explained by the absence of suburb-like neighborhoods and the diversity of economic activities, at the time that street-level retail and cultural facilities (e.g. art galleries, museums, etc.) reinforce the temporal use of urbanized land. So the design of urban fabrics, not only in terms of land use, but also of design has a strong influence on the way in how people expend the time out of home. Finally the subcentre analyses have been repeated for all the seven biggest metropolitan areas in Spain. Significantly, with exception of Zaragoza, most of the metro areas have a polycentric nature, with a still very important CBD in terms both of employment and population. This finding is quite important, and represents a point of inflexion on the historical urban growth process dominated by continuous urbanization of urban centres.

## References

- Champion, A. G. 2001. A Changing Demographic Regime and Evolving Polycentric Urban Regions: Consequences for the Size, Composition and Distribution of City Populations. *Urban Studies* Vol. 38, no. 4, pp. 657-677.
- Christaller, Walter (1933): *Die zentralen Orte in Süddeutschland*. Gustav Fischer, Jena
- García-lópez, M.A. Estructura Espacial del Empleo y Economías de Aglomeración: El Caso de la Industria de la Región Metropolitana de Barcelona. *Architecture, City & Environment*, 2007, nº 4, p. 519-553.
- Giuliano, G. & Small, K.A. (1991). Subcenters in Los Angeles Region, *Regional Science and Urban Economics*, 21, 163-182.
- Gordon, P., Richardson, H.W. & Wong, H.L. (1986). The distribution of population and employment in a polycentric city: the Case of Los Angeles, *Environment and Planning A*, 18, pp. 161-173.
- Krugman, P. (1996). *The self-organizing economy*, Cambridge, Mass., and Oxford: Blackwell Publishers.
- McDonald, J.F. (1987). The Identification of Urban Employment Subcenters, *Journal of Urban Economics*, 21, pp. 242-258.
- McDonald, J.; McMillen, D. (1990). Employment Subcenters and Land Values in a Polycentric Urban Area: the Case of Chicago, *Environment and Planning A*, 22, pp. 1561-1574.
- McDonald, J.F. (2009). Calibration of a monocentric city model with mixed land use and congestion, *Regional Science and Urban Economics*, Volume 39, Issue 1, January 2009, pp. 90-96
- McMillen, D. (2001). Non-Parametric Employment Subcenter Identification, *Journal of Urban Economics*, 50, pp. 448-473.
- McMillen, D. (2001). The centre restored: Chicago's Residential price gradients reemerges, *Economic Perspectives*, 2Q/2002.
- McMillen, D.; Smith, S. (2003). The number of subcenters in large urban areas, *Journal of Urban Economics* nº 53, pp. 321-338.
- McMillen, D. (2003). The return of centralization to Chicago: Using repeat sales to identify changes in house price distance gradients, *Regional Science and Urban Economics*, 33, 287-304.
- McMillen, D. (2003). Employment subcentres in Chicago: Past, Present and future, *Economic Perspectives*, 2Q/2003
- Muñiz, I; García-López, M.A; Galindo, A. (2008). The effect of employment subcentres on the population densities in Barcelona, *Urban Studies*, 45: 627-649
- Muñiz, I; García-López, M.A (2009). Policentrismo y sectores intensivos en información y conocimiento, *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales*, 160
- Nel-lo, Oriol (2001). *Ciutat de ciutats*. Barcelona, Ed. Empúries.
- Roca, J.; Marmolejo, C.; Moix, M. (2009). Urban Structure and Polycentrism: Towards a redefinition of the sub-centre concept, *Urban Studies*, volume 46

Publicación:	Subcentros urbanos y precios de vivienda Un marco de análisis	
Código	C9	
Autor	Carlos AGUIRRE; Carlos MARMOLEJO	
Año	2012	
Consideraciones	Congreso	CTV

**Palabras claves:** Subcentros urbanos, Precios de vivienda.

### Introducción

Esta comunicación forma parte de la tesis doctoral del autor principal que busca identificar la influencia de los subcentros sobre la renta del suelo. En este artículo, se presenta el acercamiento acerca de la influencia de los subcentros en los precios de vivienda y busca en una clave econométrica el desarrollo de un marco conceptual que permita establecer una medida de esta influencia. Las etapas de desarrollo de la investigación se pueden dividir en tres, la detección y validación de los subcentros, la jerarquización de los subcentros y finalmente el efecto de estos sobre los precios de las viviendas.

### Estado del Arte

#### ***A.-La Identificación y validación de subcentros urbanos.***

McDonald[1] define a un subcentro como el lugar donde se produce un segundo “peak” en una función de densidad neta de trabajadores o de población. Siguiendo esta línea, McMillen[2] amplía la definición a dos ámbitos, uno donde explicita su relación con el entorno, al decir que es un sitio donde existe una mayor densidad respecto al resto de los sitios y por otro, es el lugar donde tiene un efecto en la función de densidad del entorno. Roca *et al*[3] amplía aun más la definición agregándole un aspecto más sistémico a esta identificación, al considerarlo una parte vertebradora de un subsistema urbano, dentro de una estructura metropolitana. En ese sentido, es posible que se establezcan incluso factores socioculturales para definir un subcentro, como por ejemplo la pertenecía o identidades de los habitantes o trabajadores de un lugar o municipio.

Los métodos de identificación de subcentros se pueden resumir en dos grandes familias en base a los parámetros con los cuales de identifican, las que trabajan con la **Densidad** de trabajadores, o población, y sus derivaciones; y por otro lado las que trabajan con la **movilidad o los flujos de trabajadores**

Un buen ejemplo de los primeros métodos lo encontramos en McMillen[4] donde hace mención a las ventajas de los umbrales definidos por Gulianno y Small[5] dado que al combinarlo con un conocimiento de la realidad a analizar, es fácil y eficaz.

### **C.-Factores que influyen en la formación de los valores inmobiliarios urbanos.**

Un precio inmobiliario urbano, es la suma de muchos atributos implícitos, donde los oferentes publicitan explícitamente los atributos de sus bienes, y los compradores valoran y balancean su función de utilidad, que se expresan en sus precios de equilibrio. Sin embargo, este precio presenta varias particularidades, como por ejemplo, la valoración subjetiva de los atributos externos de la vivienda, incluyendo la cercanía al CBD, o un subcentro, como asimismo las valoraciones de los atributos de microlocalización e internos de los productos inmobiliarios, son sujetos de valoraciones subjetivas por parte de los compradores y por ende se pueden generar nichos de precios.

Respecto a la **accesibilidad**, Alonso[6], ya planteaba el hecho de que los “commuters”<sup>18</sup> presentaban un comportamiento monocéntrico desde el distrito de negocios centrales hacia la periferia, estableciendo un “Bid rent”,(Figura 5) para cada localización en la ciudad. Sin embargo, McMillen[2], afirma que las ciudades ya no son monocéntricas, por lo cual los modelos basados en Alonso y Muth, deberían ser revisados y revisitados desde sus supuestos básicos.

En los modelos policéntricos la presencia de un subcentro suele generar un impacto positivo sobre la población en las zonas próximas, por lo que cabría esperar el mismo efecto sobre la renta del suelo.

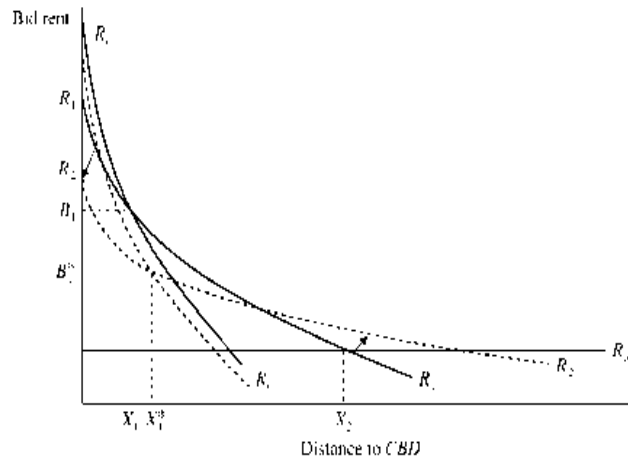
Los modelos teóricos y la evidencia empírica permiten sostener, al menos provisionalmente, que el efecto esperado de la proximidad a un subcentro de empleo incide positivamente sobre la densidad de población y por ende en los valores inmobiliarios. Uno de sus supuestos que más se hereda en todos los análisis, es la homogeneidad del espacio y por ende la priorización del acceso a los centros de trabajo en las decisiones de residencia Camagni,[7]. Existe una relación con la cercanía a los subcentros, el incorporar las relaciones de movilidad entre los diferentes subcentros como parte de los factores explicativos dentro de una ecuación de regresión Osland,[8], sin desmedro de que otros autores planteen que la relación a estudiar es el efecto de la separación espacial de los mercados homogéneos y como ellos se comporta respecto al CBD, considerando que este efecto es el que prima en cualquier análisis por medio de una regresión multivariante.

---

<sup>18</sup> Viajeros de cercanías hacia el CBD.

Figura 5

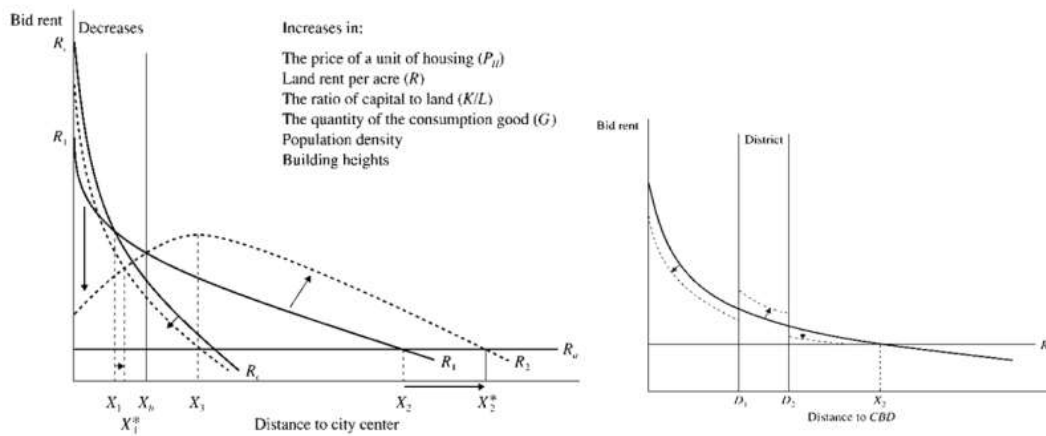
Estimación de curva "Bid Rent"



Fuente: Mc Millen, D, McDonald, J[7]

Figura 6

Estimación de curva "Bid Rent", modificada



Fuente: Mc Millen, D, McDonald, J.[7]

La competencia imperfecta Aguirre,[9] de los mercados inmobiliarios genera este "trade off" que permite establecer la curva exponencial negativa propia de los modelos monocéntricos. Sin embargo, este trade off es interpretado por el mercado inmobiliario modificando las características de la vivienda, y de mejor manera, modificando los

productos ofrecidos en base a la elasticidad precio de los diferentes atributos de la vivienda[10][9][7].

Todos estos fenómenos explicitados, plantean problemas importantes en la estimación de los valores inmobiliarios, ya que se puede augurar que los modelos de subcentros por densidades de trabajadores y precios de vivienda, están espacialmente desfasados, o sea en la medida que aumente la masa de trabajadores, disminuirá la vivienda.

### Propuesta de modelo teórico

Si consideramos que las ecuaciones constituyentes de las funciones monocéntrica, y los componentes de la densidad de trabajadores (en su lugar de trabajo y en su residencia), obtenemos

$$\begin{aligned}\widehat{D}_{ltl} &= ae^{-\beta x+k} \\ \widehat{D}_{Por} &= be^{-\gamma x+k} \\ D_{Por} &= D_{rw} + D_{Fls} \\ D_{ltl} &= D_{rw} + D_{Fle}\end{aligned}$$

Restando para determinar el desfase, entre la concentración de POR y la de LTL (residencia y trabajo).

$$D_{ltl} - D_{Por} = D_{Fle} - D_{Fls}^{19}$$

En el caso de que ver la formación de los subcentros, la diferencia entre el valor estimado, en la referencia monocéntrica, y el valor real se vuelve máximo (residuo máximo) y positiva, por lo cual, reemplazando se obtiene una ecuación de maximización de residuo.

$$\begin{aligned}D_{ltl} &= \widehat{D}_{ltl} \pm r \\ \widehat{D}_{ltl} \pm r - D_{Por} &= D_{Fle} - D_{Fls} \\ \pm r &= (D_{Por} - \widehat{D}_{ltl}) + (D_{Fle} - D_{Fls}) \\ \text{Max}(r) &= \text{max}(D_{Por} - \widehat{D}_{ltl}) + \text{max}(D_{Fle} - D_{Fls})\end{aligned}$$

<sup>19</sup>  $D_{ne}$ :Es la densidad de Flujos de trabajadores que entran al municipio a trabajar.

$D_{ns}$ :Es la densidad de Flujos de trabajadores que salen del municipio a trabajar en otro.

$D_{rw}$ :Es la densidad de Flujos de trabajadores que viven y trabajan en el municipio.



Por tanto, las condiciones necesarias y suficientes para que un subcentro cuente con la aglomeración son

$$\max(D_{Por} - \widehat{D}_{Itl})$$

$$\max(D_{Fle} - D_{Fls})$$

Para que esta ecuación sea correcta, en su proceso de identificación de las aglomeraciones y su vez los centros de residencia, se debe cumplir una relación simple por separado, al ser aditivo, que la diferencia entre la  $D_{por}$  y la  $D_{Itl}$  estimada, debe ser superior a cero, como de la misma forma  $D_{fle}$  y  $D_{fls}$ . Con esto caemos en cuenta de que existen dos condiciones suficientes y necesarias para el desarrollo de una concepción eficiente de los subcentros para estimar su grado de implicancia en el precio de la vivienda.

Conclusiones y próximos pasos

Este modelo teórico, es una primera aproximación de análisis que permitirá el desarrollo de modelos de identificación integrados, que en teoría deberían ser más eficientes a la hora de explicar los precios de la vivienda y la renta del suelo.

En estos momentos, se encuentra en fase de testeo para diversas metrópolis españolas.

## Referencias

- [1] **MCDONALD, J.F.** (1987): "The Identification of Urban Employment Subcenters", *Journal of Urban Economics*, 21, pp. 242-258.
- [2] **MCMILLEN, D.P.** (2003): "The return of centralization to Chicago: Using repeat sales to identify changes in house price distance gradients", *Regional Science and Urban Economics*, 33, 287-304.
- [3] Roca, J. Marmolejo, C; Moix, M; (2009), "Urban Structure and Polycentrism: Towards a Redefinition of the Sub-centre Concept", *Urban Studies*, Vol 46 -Issue 13 - pages 284.
- [4] **McMillen, D.; Smith, S.** (2003) "The number of subcenters in large urban areas" *Journal of Urban Economics* nº 53, pp. 321-338.
- [5] **Giuliano, G.; Small, K.A.** (1991): "Subcenters in Los Angeles Region", *Regional Science and Urban Economics*, 21, 163-182.
- [6] **O'Sullivan A.** (2007) "Urban Economics" 6ta Edición, Mc graw Hill, Nueva York.
- [7] **Mcdonald, J.F. ; D.P. Mcmillen** (1998) "Land values, land use, and the first Chicago Zoning Ordinance" *Journal of Real Estate Finance and Economics* Vol. 16, nº 2, pp. 135-150.
- [8] **Alonso, W.** (1964): *Location and Land Use*. Cambridge, mass., Harvard University Press.
- [9] **Camagi, R.** (2005), "Economía Urbana" 1era Edición, en castellano, Anthony bosch Editores, Barcelona.
- [10] **Osladn Liv;(2007)** "Home price gradients in a region with one dominating center" *Jorunal of Real Estates Research*, Vol, 29, N°3 pp321, 346.
- [11] **Aguirre, C.; Ramos, R.** (2005). "Impacto del ruido urbano en el valor de los departamentos nuevos: un estudio de precio hedónico aplicado a bienes ambientales". *Revista de la Construcción*, volumen 4, número 1, páginas 59-69.
- [12] **Aguirre,, C.; Spatorno, A.;** "Precios de suelos en Gran Avenida, Efectos combinados de las intervenciones públicas municipales", *Working paper*, Lincoln Institute of Land Policy, 2007, p:42
- [13] **Marmolejo, C.; Aguirre, C.; Ruiz, M.;** (2010). ¿Hacia un sistema de metrópolis españolas policéntricas?: caracterización de su estructura metropolitana? *6CTV Mexicali* 2010.
- [14] **Aguirre, C, Marmolejo C;**(2011) "El impacto del policentrismo sobre la distribución espacial de los vales inmobiliarios: un análisis para la Región Metropolitana de Barcelona"; *Revista de la Construcción*



Influencia de los subcentros metropolitanos en la estructura de los valores Inmobiliarios y nuevos métodos de identificación

Publicación:	hacia nuevas formas de evaluar la estructura del territorio metropolitano, casos de Barcelona Y Madrid	
Código	C10	
Autor	Aguirre Núñez, Carlos; Marmolejo Duarte, Carlos	
Año	2011	
Consideraciones	Libro	Socializar conocimientos Primer encuentro de estudiantes chilenos en el extranjero (2010) Icaria Editorial

### Antecedentes generales.

El advenimiento de sistemas urbanos complejos caracterizados por una progresiva dispersión y descentralización concentrada ha producido una línea de investigación especializada en el análisis del policentrismo. En ella han emergido dos familias (Muñiz, 2003, Roca, Marmolejo y Moix, 2010) de identificación de subcentros: la basada en el análisis de la densidad y la basada en el análisis de los flujos de movilidad. En la primera familia, se han invertido enormes esfuerzos por producir métodos que en términos estadísticos han ganado complejidad. Sin embargo, poca o nula atención ha recibido el propio objeto de análisis: la densidad de trabajadores localizada.

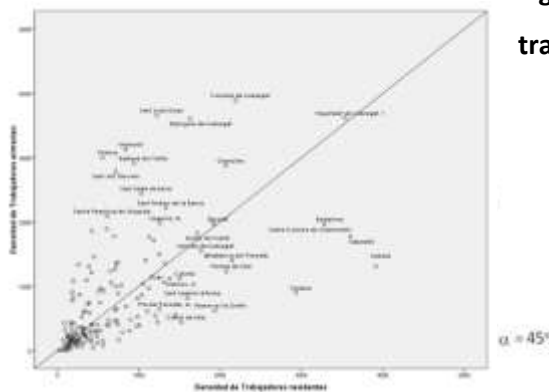
Hasta ahora (Aguirre, 2010), (Marmolejo, Aguirre y Roca 2011), la densidad ha sido tomada como un valor “ciego”, o sea sin relación con sus componentes en términos del origen de sus trabajadores y por consecuencia con su movilidad. Es decir, la densidad de trabajadores en un territorio, cuenta con dos componentes muy distintos, los trabajadores que residen en ese territorio y los que viajan desde otro territorio para trabajar en él.

El objetivo de este trabajo es el de proponer una variante al cálculo de la densidad de empleo por tal de priorizar subcentros que, siendo concentraciones de empleo capaces de alterar la función metropolitana de densidades laborales y residenciales, así como de establecer relaciones funcionales, sean asimismo, capaces de retener a su propia población ocupada, a la vez que tener una estructura económica compleja; condiciones todas ellas propias de las ciudades con cierta madurez y que por tanto pueden considerarse verdaderos subcentros metropolitanos, sobre todo en el contexto de las ciudades centrales de la Europa mediterránea, y no simplemente “picos” de empleo allende el CBD, como la literatura anglosajona ha sugerido incluyendo a McDonald &

McMillen (1990), Giuliano & Small (1991), McMillen & McDonald (1997); y Giuliano & Readfearn (2007), por ejemplo.

Desde esa óptica, se piensan en dos valores distintos, que permiten visitar la densidad como un par ordenado, donde cada municipio en cuestión presenta un vector único cuyos elementos vectoriales (la norma, su área hacia los ejes y el ángulo, representan las características de movilidad de cada municipio. (Aguirre 2010). En ese sentido y en trabajos previos a este, se ocupó la densidad vectorial, (que corresponde a la norma de vector) siendo esta eficiente para el descarte de los subcentros netamente industriales, o sea con población trabajadora residente muy baja).

Al multiplicar los componentes de la densidad se obtiene una medida de diversidad o entropía territorial, lo que se traduce en una densidad nueva o compuesta. La cuestión estriba, por tanto, en incorporar de alguna manera, en los análisis de detección de subcentros mediante modelos estadísticos basados en la densidad, la información que aporta el análisis desagregado de ésta. Es decir, en lugar de sumar los componentes de los LTL (i.e.: FE flujos de entrada y RW resident workers) estos se multiplican antes de dividir su producto por la superficie. De manera que el producto es más grande en aquellos municipios que tienden al equilibrio<sup>20</sup>, es decir, que son triplemente atractivos: a) tienen población, b) retienen a una parte de sus residentes ocupados y c) atraen trabajadores de otros municipios.



**Figura 1 Densidad de trabajadores residentes v/s trabajadores entrantes.**

Fuente: Aguirre, C; Marmolejo, C. (2010) “El impacto del policentrismo sobre la distribución espacial de los vales inmobiliarios: un análisis para la Región Metropolitana de Barcelona”; Revista de la Construcción, (en edición)

<sup>20</sup> Naturalmente con esta forma de calcular la densidad el ángulo antes explicado no se internaliza directamente.

### **Presentación de resultados**

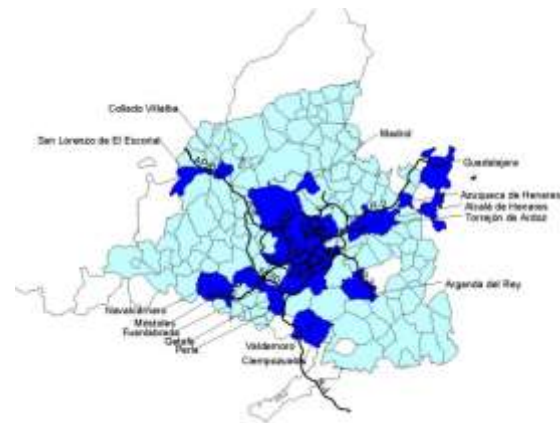
La densidad compuesta parece priorizar a los municipios con mayor influencia sobre el manto metropolitano de la densidad laboral. Sin embargo, en la teoría de la renta ofertada, (Alonso, 1964) la relación de inversa proporcionalidad que se establece (renta del suelo-densidad versus distancia) no es entre diferentes puntos en los que se localiza la actividad económica; sino fundamentalmente entre el CBD (caracterizado por una importante masa económica) y la residencia (McMillen, 2003). Por tanto, es necesario ver en qué medida los subcentros de empleo priorizados influyen el manto metropolitano de densidad residencial. Es importante señalar que la actividad económica tal y como se ha medido aquí, mediante LTL, no sólo significa oportunidades de empleo, sino también la concentración de toda clase de servicios, incluidos los orientados al consumo de los hogares (lo anterior lleva a la hipótesis de que otras medidas de densidad serían asumibles: densidades comerciales, de oficinas, servicios, etc.).

**Figura 2 Subcentros identificados según cada metodología en la RMB y AMM**

Subcentros identificados por la densidad normal



Subcentros identificados por la densidad compuesta



**Fuente: Elaboración propia.**

Esta densidad compuesta ha sido sometida a prueba en el contexto de la Región Metropolitana de Barcelona, la cual ha sido señalada por diversos autores como uno de los sistemas urbanos más policéntricos en España. En concreto se han contrastado los resultados (priorización de municipios como subcentros) producidos por modelos paramétricos semilogarítmicos basados tanto en la densidad clásica como en la compuesta. Los resultados sugieren que los municipios priorizados como subcentros utilizando la densidad propuesta tienen:

- 1) una mayor capacidad para explicar, junto con el CBD, el manto de densidades de empleo ( $R^2=0,56$  respecto a  $R^2=0,31$  de la densidad clásica);
- 2) una mayor capacidad para explicar, junto con el CBD, el manto de densidades demográficas ( $R^2=0,35$  frente a  $R^2=0,30$  para la población total, y  $R^2=0,38$  frente a  $R^2=0,33$  para la población efectivamente ocupada);

- 3) un mayor efecto sobre la densidad laboral y demográfica de sus vecinos (medido por la gradiente del coeficiente B que afecta a la distancia de cada municipio a su subcentro más cercano),
- 4) una mayor concentración de actividades centrales como el comercio,
- 5) una mayor complejidad en su estructura económica,
- 6) una mayor diversificación e intensidad de su vinculación funcional residencia-trabajo con el resto de municipios metropolitanos; y
- 7) una mayor capacidad relativa para retener a su población ocupada.

### **Conclusiones**

Los resultados sugieren que los municipios priorizados por la vía de la propuesta “densidad compuesta” modifican con mayor intensidad el manto de densidad laboral y residencial, son más diversos, concentran más actividades centrales, y tienen vínculos funcionales más intensos en comparación con los municipios priorizados como subcentros por vía de la densidad tradicional.

La desagregación de los componentes esenciales de la densidad de empleo, parece, por tanto, desvelar información significativa de cara a la detección de aquellos subcentros que, teniendo un papel importante en la concentración de empleo, poseen las características paradigmáticas de las ciudades centrales de la Europa meridional.

### **Bibliografía.**

- Alonso, W. (1964), *Location and Land Use*, Cambridge, mass., Harvard University Press.
- Aguirre, C, Marmolejo C;(2010) “El impacto del policentrismo sobre la distribución espacial de los vales inmobiliarios: un análisis para la Región Metropolitana de Barcelona”; *Revista de la Construcción*.
- Giuliano, G. & Small, K.A. (1991): “ Subcenters in Los Angeles Region”, *Regional Science and Urban Economics*, 21, 163-182.
- Giuliano G. ; Redfearn C.L., (2007), “Employment concentrations in Los Angeles, 1980–2000”, *Environment and Planning A* 39 (12),pp. 2935–2957.
- Marmolejo C., Aguirre, C. y Roca,J.(2012), “Hacia una reconsideración de la densidad de empleo como elemento de análisis en la detección de subcentros metropolitanos.”, *Urban studies* (Forthcoming)



- McDonald, J.; McMillen, D. (1990): Employment Subcenters and Land Values in a Polycentric Urban Area: the Case of Chicago, *Environment and Planning A*, 22, pp. 1561-1574.
- McMillen, D.; McDonald, J.F. (1997): "A Nonparametric Analysis of Employment Density in a Polycentric City", *Journal of Regional Science*, 37, pp. 591–612.
- McMillen, D. (2003): "The return of centralization to Chicago: Using repeat sales to identify changes in house price distance gradients", *Regional Science and Urban Economics*, 33, 287-304.
- Muñoz, I., Galindo, A. & García-López, M.A. (2003): "Cubic Spline Density Functions and Satellite City Delimitation: The Case of Barcelona", *Urban Studies*, 40, pp. 1303-1321.
- Roca, J. Marmolejo, C; Moix, M; (2010), "Estructura Urbana y Policentrismo. Hacia una redefinición del concepto", *Urban studies*, Vol 46, Issue 13, pp 2841-2868.

Influencia de los subcentros metropolitanos en la estructura de los valores Inmobiliarios y nuevos métodos de identificación

Publicación:	Centralidad y subcentralidad en ciudades con baja regulación, el caso Antofagasta y la Serena en Chile.	
Código	C12	
Autor	Aguirre-Núñez, C. Marmolejo, Carlos , Vergara Fco.	
Año	2019	
Consideraciones	Congreso	CTV

### Centralidad y subcentralidad en ciudades con baja regulación, el caso Antofagasta y la Serena en Chile

### Centrality and subcentrality in cities with low regulation, the case of Antofagasta and La Serena in Chile

Aguirre-Nunez, Carlos<sup>21</sup>;Marmolejo-Duarte, Carlos<sup>2</sup>; Vergara-, Nombre<sup>3</sup> y Apellido, Nombre<sup>4</sup>

Remisión inicial: 2019-05-31; Remisión definitiva: 2019-10-13; Publicación: 2019-12-21

**Citación:** Aguirre-Nuñez, Carlos (2019). Centralidad y subcentralidad en ciudades con baja regulación, el caso Antofagasta y la Serena en Chile. En *XIII CTV 2019 Proceedings: XIII International Conference on Virtual City and Territory: "Challenges and paradigms of the contemporary city"*: UPC, Barcelona, October 2-4, 2019. Barcelona: CPSV, 2019, p. 8xxx. E-ISSN 2604-6512. DOI <http://dx.doi.org/10.5821/ctv.8xxx>

<sup>21</sup> Centro Producción del Espacio Facultad de Arquitectura; diseño y Construcción, Universidad de las Américas Chile, 0000-0001-7556-8352, <sup>2</sup>Centro de Política de suelo y valoraciones, Escuela técnica superior de arquitectura de Barcelona, Universidad politécnica de Cataluña, 0000-0001-7556-8352; <sup>3</sup> Centro Producción del Espacio Facultad de Arquitectura; diseño y Construcción, Universidad de las Américas Chile, 0000-0002-1930-4691.

\*Correo de contacto: [caguirre@udla.cl](mailto:caguirre@udla.cl)



## CENTRALIDAD Y SUBCENTRALIDAD EN CIUDADES CON BAJA REGULACIÓN, EL CASO ANTOFAGASTA Y LA SERENA EN CHILE

Aguirre-Núñez, Carlos <sup>1\*</sup>; Marmolejo-Duarte, Carlos <sup>2</sup>; Vergara Perucich, José Francisco <sup>3</sup>

**Remisión inicial:** 2019-05-31; **Remisión definitiva:** 2019-10-13; **Publicación:** 2019-12-21

**Citación:** Aguirre-Núñez, C. (2019). Centralidad y subcentralidad en ciudades con baja regulación, el caso Antofagasta y la Serena en Chile. En *XIII CTV 2019 Proceedings: XIII International Conference on Virtual City and Territory: "Challenges and paradigms of the contemporary city"*: UPC, Barcelona, October 2-4, 2019. Barcelona: CPSV, 2019, p. 8476. E-ISSN 2604-6512. DOI <http://dx.doi.org/10.5821/ctv.8476>

### Resumen

Este trabajo busca identificar subcentros laborales y de servicios en la zona, mediante la información de las encuestas de origen destino del ministerio de transporte chileno, y analizar la actividad edificatoria, y de mercado de vivienda en cada una de ellas. Se seguirá la metodología de identificación, establecida en Marmolejo y Aguirre (2011) respecto a los peak de densidad y la utilización de la densidad de trabajadores, su versión de densidad compuesta y validando mediante una versión adecuada de la densidad tiempo.

Existe aún clara relación entre la aglomeración de usos y segregación en la ciudad y las bajas regulaciones en el mercado de suelo y vivienda. En Chile, existe una baja regulación de los mercados de vivienda y en particular ambas ciudades cuentan con regulaciones a nivel municipal, que, dado su complejidad de aprobación, una vez aprobadas ya son superadas por la realidad y se vuelven obsoletas.

Bajo esta premisa, se analizan las ciudades de Antofagasta y La Serena-Coquimbo, ubicadas en la planicie costera del norte de Chile, buscando identificar patrones urbanos y sus impactos en los mercados de vivienda y suelo. Antofagasta (380 695 habitantes, Censo 2017) y La Serena-Coquimbo (412 586 habitantes, Censo 2017) son ciudades que reciben en mayor medida los beneficios de la explotación minera y por ende durante el súper ciclo del cobre, (desde 2003 hasta 2016), ambas ciudades crecieron en habitantes y edificaciones de forma inédita. En ese sentido su complejidad, como sus ingresos promedio se observaron al alza. Además, ambas comunas, son capitales de su región, son costeras, lineales y se encuentran constreñidas por la cordillera de la costa hacia el este.

Se logra identificar un subcentro incipiente en Antofagasta y dos aglomeraciones en La Serena, siendo estos de carácter industrial y/o de servicios, sin embargo, al analizar un análisis más claro, pero no es posible determinar sus impactos en los precios, ni en la actividad edificatoria. En ambas ciudades, se identifican aglomeraciones de trabajadores, pero están lejos de vertebrar el territorio, o de aportar a una competencia de otros tipos de viajes con el centro.

### Abstract

This work seeks to identify labor and service sub-centers in the area, using information from the surveys of origin destination of the Chilean Ministry of Transportation, and to analyze the building activity and housing market in each of them. The identification methodology will be followed, established in Marmolejo and Aguirre (2011) regarding the density peaks and the use of worker density, its version of composite density and validating by means of an appropriate version of time density.

There is still a clear relationship between the agglomeration of uses and segregation in the city and the low regulations in the land and housing market. In Chile, there is a low regulation of the housing markets and in particular both cities have regulations at the municipal level, which, given their complexity of approval, once they were approved they are already surpassed by reality and become obsolete.

Under this premise, the cities of Antofagasta and La Serena-Coquimbo, located on the coastal plain of northern Chile, are analyzed, seeking to identify urban patterns and their impacts on the housing and land markets. Antofagasta (380 695 inhabitants, Census 2017) and La Serena-Coquimbo (412 586 inhabitants, Census 2017) are cities that receive the greatest benefits from mining and therefore during the copper super cycle, (from 2003 to 2016), both cities grew in inhabitants and buildings in an unprecedented way. In this sense, its complexity, as well as its average income, were

<sup>1</sup> Centro Producción del Espacio Facultad de Arquitectura; diseño y Construcción, Universidad de las Américas Chile, <https://orcid.org/0000-0001-7556-8352>; <sup>2</sup> Centro de Política de suelo y valoraciones, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona, Universidad Politécnica de Cataluña, <https://orcid.org/0000-0001-7556-8352>; <sup>3</sup> Centro Producción del Espacio Facultad de Arquitectura; Diseño y Construcción, Universidad de las Américas, Chile, <https://orcid.org/0000-0002-1930-4691>. \* Correo de contacto: [caguirre@udla.cl](mailto:caguirre@udla.cl)



observed on the rise. In addition, both communes are capitals of their region, they are coastal, linear and are constrained by the coastal range to the east.

It is possible to identify an incipient subcenter in Antofagasta and two agglomerations in La Serena, these being of an industrial and / or services nature, however, when analyzing a clearer analysis, but it is not possible to determine their impact on prices, nor in building activity. In both cities, agglomerations of workers are identified, but they are far from structuring the territory, or contributing to a competition of other types of travel with the center.

**Palabras Clave:** identificación de subcentros, ciudades costeras, baja regulación

**Key words:** identification of sub-centers, coastal cities, low regulation

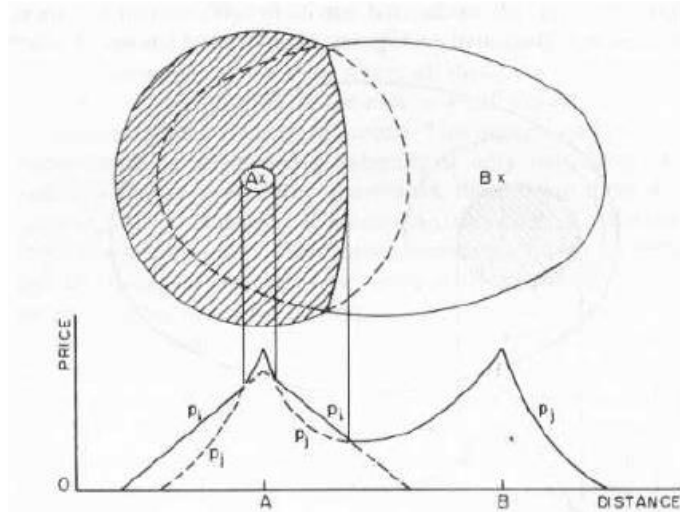
## 1. Introducción

El Centro Producción del Espacio ha sido fundado para desarrollar exploraciones críticas de ciudades chilenas utilizando metodologías avanzadas para que las conclusiones se ajusten a las posibilidades de generar soluciones efectivas desde medidas urbanísticas. En este caso, se explora la estructura urbana de Antofagasta, elaborando una descripción de la existencia de potenciales policentros, junto con revisar la accesibilidad socio-espacial a la ciudad desde la perspectiva del ingreso. El objetivo es proveer de un conjunto de resultados que permitan mejorar el diagnóstico de la ciudad de cara al nuevo Plan Regulador Comunal.

Se realiza una aplicación de la teoría de William Alonso indica que existe un vínculo directo en el centro urbano y el valor del suelo, indicando diferentes patrones espaciales que pueden ser aplicables a diferentes ciudades del mundo. La teoría de Alonso de 1964 será basal para el desarrollo de una econometría de las ciudades. En particular, se trabaja sobre la revisión de como el policentrismo impacta sobre la distribución espacial de los proyectos inmobiliarios, en una metodología explorada por Carlos Aguirre y Carlos Marmolejo en 2011, para la ciudad de Barcelona. Para que el análisis sea preciso, se necesita conocer los flujos de personas en la ciudad, dado que la movilidad es fundamental para determinar las centralidades. En este caso, se aplica esta exploración a la ciudad de Antofagasta. Sin embargo, para La Serena Coquimbo, las zonas de transporte son sufrientemente grandes y heterogéneas para permitir un análisis claro de esta estructura, En ese sentido, se aplicará una metodología distinta, con miras a validar el ensayo de análisis para estas ciudades costeras. Se entenderá por subcentro un espacio urbano que cumpla con tres características fundamentales: (i) ser una zona de densidad de empleo significativamente mayor en relación a las zonas vecinas, (ii) donde la densidad relativa es alta y (iii) que represente una intersección con elementos vertebradores de un sistema urbano dentro de una ciudad (Roca, Marmolejo y Moix, 2007).

En esa lógica, cada ciudad debe contener múltiples núcleos (Richardson, 1973), tiene como idea básica, que las ciudades se conforman alrededor de diferentes núcleos, que interactuar entre si. Estos tienen su origen en la integración de centros lejanos en una urbanización rápida al centro urbano, por ejemplo, o como nuevos centros que llenan en vacío entre dos ciudades. Estos núcleos en palabras de Richardson; reflejan cuatro factores principales; la interdependencia, entre algunas actividades; la tendencia que presentan algunas actividades a ser complementarias o afines, como por ejemplo el comercio al por menor y las zonas de oficinas; un antagonismo locacional o exclusión de usos, por ejemplo, industria y vivienda de lujo, y el alto costo del suelo. En ese sentido, Roca (Roca Cladera, 1986), establece que la segregación espacial o socio espacial, es una consecuencia de la competencia por los mejores espacios urbanos. En este punto Alonso, plantea en el apartado de la forma de las ciudades, en que este proceso de competencia a una escala mayor al de la ciudad, puede generar núcleos de precios altos y por ende concentración de determinados usos de suelo. (figura 1)

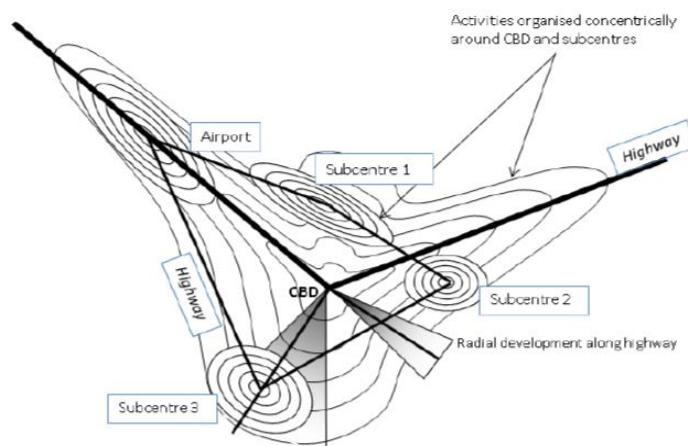
Figura 1. Renta del suelo y patrones de localización a escala Inter ciudades



Fuente: (Alonso, 1964)

Esta misma estructura (Shearmur, 2018), revisitando el modelo de centralidad y bid rent de Alonso, casi 50 años después de su primera edición, identifica el aporte de los presupuestos de este último, en especial por la simpleza de la relación entre los lugares de trabajo y los de actividad económica en sus propias palabras “la actividad económica (y su creación de valor concomitante) tiene una ubicación. La actividad económica puede conceptualizarse de varias maneras: generalmente se entiende, al menos cuando se discute la estructura urbana, como una referencia a los establecimientos económicos y a los trabajadores vinculados a estos establecimientos.”<sup>2</sup> En ese sentido, un paradigma desarrollado ampliamente en la literatura, de forma empírica y teórica, ha sido la identificación de un CBD y subcentros, (figura 3) cada uno de los cuales interactúa con su zona de influencia local. Hay ejes, tanto radiales como concéntricos, a lo largo de los cuales también se organiza la actividad económica. Algunos de estos ejes estructuran corredores de actividad económica. (Shearmur, 2018)

Figura 2. CBD y subcentralidades, como modelo conceptual



Fuente: Shearmur, 2018

<sup>2</sup> Traducción propia





La realidad urbana se encuentra siempre en un margen multidisciplinario, en ese sentido, los acercamientos nacen desde varias vertientes. Intentando dar una explicación para este proceso, Lefebvre (Lefebvre, 1991) plantea que el espacio urbano, se genera en base “tríada conceptual”, que se resumen en las practicas, lo concebido y lo representado. (Torres, 2016)

1. Prácticas espaciales (el espacio percibido): abarca la producción y la reproducción, los lugares concretos y las características de los conjuntos espaciales de cada formación social. Aseguran la continuidad y cierto grado de cohesión. En términos de espacio social, y de cada miembro de la relación de una sociedad dada a ese espacio, esta cohesión implica un nivel garantizado de competencia y un nivel específico de rendimiento.
2. Representaciones del espacio (el espacio concebido): están vinculadas a las relaciones de producción y al "orden" que imponen esas relaciones y, por lo tanto, al conocimiento, a los signos, a los códigos y a las relaciones "frontales". “Espacio conceptualizado, el espacio de los científicos, de los planificadores, urbanistas, técnicos e ingenieros sociales (...) quienes identifican lo que es vivido y percibido con lo que es concebido” (Lefebvre, 1991:38). Se trata del espacio dominante en cualquier sociedad (o modo de producción) y es fundamental su influencia en el proceso de producción del espacio y en la actividad productiva de la sociedad.
3. Espacios de representación (el espacio vivido): incorporan simbolismos complejos, a veces codificados, a veces no, vinculados al costado clandestino o marginal de la vida social, como también al arte. Los espacios de representación producen, generalmente, resultados simbólicos.

Si adoptamos esta triada como base epistemológica, podemos hipotetizar cual o cuales de los elementos están involucrados en la discusión de la estructura urbana y del policentrismo. Por ejemplo, las practicas espaciales, se enraízan en la conformación de un barrio, guardan relación con las condiciones espaciales de movilidad cotidiana (vivienda -trabajo, vivienda -comercio o vivienda esparcimiento). Por otro lado, la representación, es el esfuerzo de modelar, explicar y producir un espacio desde la teoría o desde la sistematización de datos empíricos. Y por último la representación, que es lo simbólico que está detrás de la percepción y representación del espacio urbano, esta representación, logra plasmar en un símbolo, obra de arte y otro medio, fenómenos sociales complejos y que las dos líneas anteriores no son capaces de captar, ni medir de forma eficiente. El mismo Lefebvre (1991), plantea que la ciudad no es ninguno de estos elementos por separado, sino una visión integrada de los elementos de la triada con la complejidad disciplinar de integrarlos. Por tanto, que el acercamiento epistemológico a la estructura urbana policéntrica o policentrismo, es una discusión aun no zanjada y que al menos responde a 4 líneas identificadas por Boix & Trullen (2012); El policentrismo morfológico, el dinámico, el que se basa en el equilibrio o no de un sistema y, por último, el que le entrega otros nombres a la misma realidad dependiendo de la escala de análisis a la cual se haga referencia. Aun así, esta estructura logra formar un corpus teórico que permite definirla como un programa de investigación.

De Ureña (de Ureña, Pillet, & Marmolejo, 2013), por su lado, establece una taxonomía, generando dos grandes acercamientos metodológicos, los teóricos y empíricos, segmentando estos últimos en líneas de investigación, en base al propósito y criterios que utilizan, generando además una clasificación geográfica acorde a la naturaleza del territorio en el cual han desarrollado sus marcos empíricos. Según de Ureña (de Ureña, Pillet, & Marmolejo, 2013), los teóricos se basan en la existencia de un comportamiento racional y económico de los actores y mediante métodos numéricos y algebraicos prueban la existencia de realidades policéntricas. En contrapunto se encuentran los empíricos, quienes buscan establecer mediante el análisis

económico y geográfico, las estructuras de las ciudades y los efectos que tiene el policentrismo en ellas. Volviendo los referentes epistemológicos, la complejidad de la ciudad, hace imposible establecer cuál de las familias definida logra abarcar y parametrizar de mejor manera la estructura urbana en ciudades policéntricas. En ese sentido, se pretende establecer una comparación de estos buscando sus convergencias y divergencias asociadas principalmente a las ideas fuerza que subyacen en ellas. Aun así, en la Tabla 1 se muestran las principales familias y su artículo seminal.

Tabla 1. **Asociación de los modelos propuestos a sus referentes teóricos**

Metodología	Trabajo	Variable	Criterio
<b>A priori</b>	Greene (1980)	Medidas oficiales	Subcentros propuestos por alguna agencia oficial
	Griffith (1981)		
	Erickson (1986)	Población	Tamaño mínimo de población
	Martori y Suriñach (2002)		
	Baerward (1982)	Ubicación de Lugares de transporte	Polos en nodos de transporte
	Erickson y Gentry (1985)		
	Muñiz et al (2003)		
	Dunphy (1982)	Densidad de empleo, población factores urbanos, etc.	Estudios de casos con batería indicadores
	Scott (1988)		
	Cervero (1989)		
Bender y Kwang (1985)	Densidad de empleo Densidad de Población	Propuesta de candidatos a priori y validación mediante significancia estadística de función de densidad de empleo o población	
Heikkila et al (1989)			
Dowall y Treffeisen (1991)			
Shukla y Waddel (1991)			
<b>Flujos de movilidad</b>	Bourne (1989)	Flujos de commuting	Inspección visual
	Burns et al (2001)	Saldo viajes residencia-trabajo	Saldo neto positivo
	Clark y Kuijpers-Linde (1994)	Densidad de generación de viajes	Áreas con una densidad de generación de viajes > 0.8 desviación estándar
	Gordon y Richardson (1996)		
<b>Umbrales</b>	Guliano y Small(1991)	Densidad de empleos	Dempleo>25 empleos/hec Empleos >10.000
	Song (1994)	Densidad de empleos	Dempleo>37 empleos/hec Empleos >35.000
	Cerveró y Wu(1997)	Densidad de empleos	Dempleo>17 empleos/hec Empleos >10.000
	Mcmillen y Mcdonalds (1997)(1998)	Densidad de empleos	D empleo>25 empleos/hec Empleos >10.000 Gradiente desde subcentro, negativa y significativa
	Bogart y Ferry(1999))	Densidad de empleos	Dempleo>20 empleos/hec Empleos >10.000
	Andreson y Bogart(2001)	Densidad de empleos	Dempleo>20 empleos/hec Empleos >10.000
	Shearmur y Coffey (2002)	Densidad de empleos	Empleo > 5000
		Densidad de Población	Empleo/poblacion > 1
	McMillen y Lester (2003)	Densidad de empleos	De=15 empleos/acre L=10000

Fuente: Elaboración propia en base a Muñiz, I. "Barcelona: Ciudad Policéntrica", Working Paper, Universidad Autónoma de Barcelona 2003.

De los modelos identificados, se puede establecer tres líneas de críticas a ellos, la estanqueidad, especialización de los métodos y la sobre estimación del paradigma Monocéntrico de Alonso y Muth. El primer punto débil, desde este análisis, para identificar y validar los subcentros, es la estanqueidad de los métodos y su estructuración. Esto se entiende desde el poco dialogo y complementariedad que muestran al estar basados en variables netamente econométricas o las relacionadas con la movilidad. De hecho, es común que los factores de lugares de trabajo localizados estén no diferenciados los trabajadores residentes y los trabajadores que llegan



desde otros lugares o salen a trabajar a otros territorios con lo cual la forma de ver el subcentro pierde riqueza. Una Solución a esto sería la generación de medidas de densidad que permitan incorporar estas dimensiones, con lo cual esta pequeña salvedad, podría mejorar las estimaciones de densidad de trabajo, permitiendo la identificación más certera de subcentros, donde los territorios más densos se encuentren definido desde varios ángulos. Si bien es una ventaja que se especialice la técnica, en particular los modelos econométricos, resulta muy difícil su aplicación a varias realidades diferentes. De hecho, McMillen (2003), reconoce de forma certera que el método de Gulianno y Small, es el más fácil de ocupar para comparar ciudades, dado que su agregación permite el desarrollo de puntos anómalos de densidad. En ese sentido, la simpleza y parsimonia de un método de identificación resultaría muy atractiva si se combina con su eficacia.

El aporte de los modelos clásicos de Alonso-Muth, es indudable, es necesario aclarar que sus supuestos básicos, son ampliamente superados por la realidad policéntricas y más aun con las diferentes estrategias de segmentación de mercados inmobiliarios, aun así, que sucede con los supuestos de la centralidad o del monocentrismo, cuando el sistema que se analiza es perfectamente policéntrico. Muñiz (2007), plantea la necesidad de incorporar dos aspectos a este análisis, el primero es la delimitación mediante un Filtro urbano, donde las decisiones de ubicación de las familias, es diferente en función de su capacidad económica familiar. El segundo nace de la función de la fiscalidad, o sea como el estado interviene el espacio con subsidios, generando externalidades y a su vez, estableciendo planes de ordenación. Por último, hace patente la necesidad de establecer un modelo ecléctico, en base a las aportaciones de Phe y Wakely, (2000), donde rescata lo mejor de ambos. Uno de sus supuestos que más se hereda en todos los análisis, es la homogeneidad del espacio y por ende la priorización del acceso a los centros de trabajo en las decisiones de residencia (Camagni, 2005). No pocos investigadores, (García López, 2007, Roca, 2007, Muñiz, 2003, Dubin, 1987, Mc Millen, 2003) han criticado este punto y han mejorado sus estimaciones, segmentando la distancia al CBD, en base a ejes de transportes, asociando valores de distancia-tiempo-costo, la geomorfología propia del lugar de análisis, e incorporando las infraestructuras existentes.

Quizás uno de los puntos más complejos es la acción del estado en base a la incorporación de anillos verdes, restricciones a la edificación y edificabilidad, lo que genera niveles importantes de imperfecciones en el mercado de la vivienda y de trabajo<sup>3</sup>. La competencia imperfecta (Santander, 2000) de los mercados inmobiliarios genera este trade off que permite establecer la curva exponencial negativa propia de los modelos monocéntricos. Sin embargo, este trade off es interpretado por el mercado inmobiliario modificando las características de la vivienda, y de mejor manera, modificando los productos ofrecidos en base a la elasticidad precio de los diferentes atributos de la vivienda (Aguirre y León, 2007; Aguirre, 2003, Camagni, 2005). Roca (1982), plantea la realidad de los valores de suelo como segmentada, lo que puede ser extensible a los mercados inmobiliarios, donde cada uno de los submercados inmobiliarios aumentan sus rentas en base a la mejora de sus características.

McMillen y McDonals (2007), establecen un cambio en las funciones que nacen de Alonso-Muth, donde a contar de un punto de distancia del CBD, los valores inmobiliarios y de densidad de población empiezan a crecer (Figura 1). En ese sentido, Muñiz (2003) ha generado modelos de cubic spline para identificar “grumos” de densidad de población, aportando con esta técnica de

---

<sup>3</sup> Los Polígonos industriales, las zonas de protección, etc.





análisis. Sin embargo, resulta compleja su aplicación ya que las escalas de medición deben corresponder a secciones censales o incluso con mayor representatividad espacial. Para diferentes ciudades, se ha probado el análisis de modelos de precios, sin embargo, resulta complejo su análisis, ya que econométricamente, alguno de sus valores tiene a ser no representativos y más aún existe una multicolinealidad efectiva entre las medidas de distancia y accesibilidad de los centros y subcentros.

En ese sentido, y tratando de explicar estos cambios de pendiente, Muñiz (2007) citando los trabajos de Muth (1969), Mills (1973), Johnson y Kau (1980), Alperovich (1983), incorpora una formulación donde fuera de la distancia se incorporan otros factores asociados a la demografía, geografía y socioeconómicos, para mejorar las estimaciones de densidad de población. En esa línea, (Straszeheim,1987), establece que el modelo de Alonso-Muth al estar basado en un modelo de consumo de tierras, ignora efectos como el vecindario o barrio, las características de las condiciones socioeconómicas, la densidad de población, las características ambientales y los servicios públicos y privados que existen en la zona. Por tanto, un modelo econométrico de precios hedónicos debe estar especificado con estos valores tratando de mostrar el vector general de con estas condiciones donde sea posible observar el comportamiento del precio de un bien en particular cuando se produce una variación en alguna de sus características. Asimismo, es muy complejo establecer estos elementos en ciudades intermedias, tanto por la ausencia de datos de calidad espacial y regularidad suficiente como también, la poca precisión espacial de estos. En ese sentido, este trabajo busca explorar dos ensayos metodológicos de identificación de subcentralidades para dos ciudades costeras de Chile, y desde una perspectiva heterodoxa, permitir una aproximación a la subcentralidad en dos tipos de ciudades chilenas.

## **2. Antofagasta y La Serena-Coquimbo, ciudades costeras**

Antofagasta y la Serena son dos ciudades del norte de Chile, en ambos casos se dan morfologías lineales y que se plantean como ciudades de vacaciones y de trabajo minero, En esa lógica, presentan algunas diferencias, por ejemplo, mientras que La Serena es una de las ciudades con mejor calidad de vida, mientras que Antofagasta es todo lo contrario. Aun así, Antofagasta es la ciudad con el PIB per cápita más alto de Chile.

En el caso de Antofagasta, se constata existencia de una ciudad con un fuerte patrón lineal encajado entre el rocoso borde costero marino y el pie de monte de la cordillera de la Costa, un aspecto particular entre las capitales regionales de Chile, dado que esta distancia es bastante escueta, lo que produce condiciones geográficas que empujan la expansión urbana hacia sus extremos norte y sur. Un segundo aspecto relevante para considerar es la existencia de segregación socio-residencial, como ocurre en diferentes ciudades de Chile. Esta segregación podría tener impacto en la configuración de subcentros, en cuanto estos podrían fomentar la concentración en sectores donde el valor de suelo es más alto. Para testear estas condiciones, la linealidad y la segregación, en referencia a sus impactos sobre la estructura urbana de la ciudad, se utilizan los datos de la Encuesta Origen Destino del año 2010 y los precios del suelo y la vivienda entre 2012 y 2019. Con estos factores se construye una hipótesis de configuración urbana.

En el caso de La Serena, denominada como conurbación de La Serena- Coquimbo constituye un sistema urbano de ciudades intermedias, localizado en el centro norte de la República de Chile. Con 448.784 habitantes (INE, 2017), ha presentado un sostenido aumento de población y



superficie de su mancha urbana en las últimas tres décadas, encaminándose a ser declarada la cuarta área metropolitana del país. Sin embargo, la ciudad enfrenta importantes desafíos en su conformación como sistema metropolitano. La geomorfología de su emplazamiento presenta barreras naturales al desarrollo urbano y una alta vulnerabilidad ante tsunamis; el dinamismo inmobiliario y la fuerte fluctuación de población flotante de carácter estacional contrastan con un sistema vial restringido, acotado geográficamente y en la actualidad ineficiente y una planificación fragmentada. En esa lógica, los modelos datos disponibles de Encuestas origen destino, se refieren a macrozonas que reflejan esta fragmentación. Además, la condición lineal de la conurbación, resulta necesariamente fragmentada y por ende un análisis de densidades de trabajadores, no presenta resultados favorables. En ese sentido, se prefirió desarrollar un análisis de los usos de suelos declarado en el catastro. En ese caso, se desarrolla una selección de los usos de suelos que guardan relación con la generación de trabajo y, asimismo, su concentración, especialización espacial y diversidad.

### 3. Definición de los métodos de análisis

Para empezar, se debe indicar que este ensayo exploratorio, busca probar métodos heterodoxos de identificación de subcentralidades en ciudades costeras, lineales y con un fuerte componente turístico. En esa lógica, se prueban dos métodos distintos uno asociado a la movilidad entre zonas y se valida de forma descriptiva, y el segundo, se analiza el uso de suelo como variable registral y articulará del espacio.

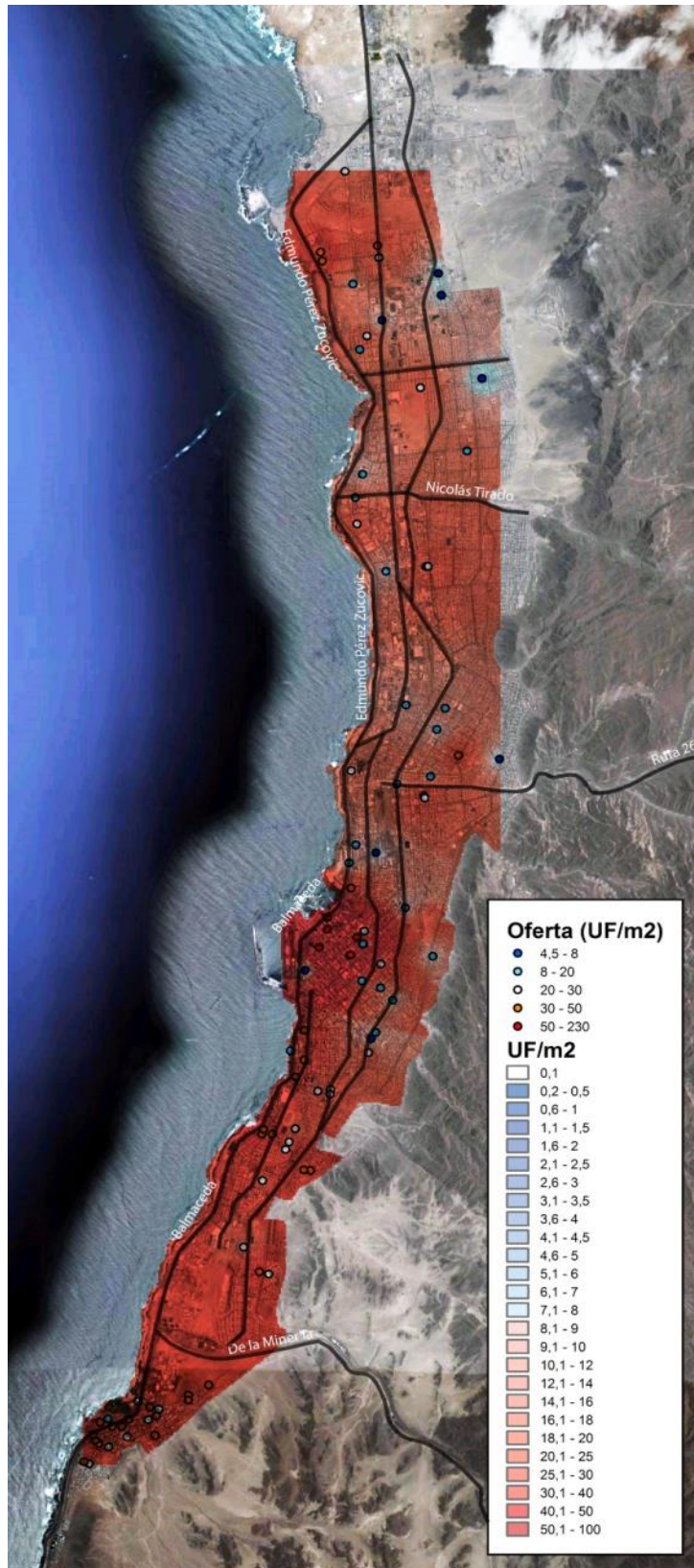
En el caso de Antofagasta se estableció un análisis de los precios del suelo y de la Encuesta origen destino, el ministerio de transporte s de Chile, Para el caso de la Serena Coquimbo se accedió al catastro de bienes inmuebles del servicio de impuestos internos, analizando los diversos usos y asumiendo algunas condiciones de estos. Además, se coteja con los valores de precio de suelo de la comuna para el mismo año de la última EOD, disponibles en el Observatorio de ciudades UC.

Se realiza un análisis asociado a la regresión exponencial, que permite establecer una bid rent de referencia y posteriormente analizar los residuos entre este valor resultante de la regresión y los valores medidos. (figuras 3, 4 y 5) La bid rent de precios, no manifiesta valores de residuos que permitan establecer algún valor de subcentralidad. Por tanto, podemos indicar que esta ciudad no cuenta con subcentralidades evidentes desde sus valores de suelos. Sin embargo, en una segunda etapa se analizan los resultados de la EOD donde se presentan los valores de densidad de trabajadores.

En este punto de análisis, se observa un viso de subcentralidad en la zona industrial cercana al centro. Esta zona atrae una cantidad importantes de trabajadores, genera viajes a las otras zonas de la ciudad. (figura 6). Al analizar los viajes, tanto porcentualmente como mediante un análisis de componentes principales, se observa dos elementos. El primero es el desarrollo porcentual de las llegadas y salidas a la zona industrial, (figura 7), donde se observa cómo se mueven los trabajadores desde y hacia el distrito, poniendo en cuestión el proceso de atracción de esta zona como subcentralidad.

Además, se observa un análisis ortogonal de las dimensiones subyacentes de los datos de movilidad, Obteniéndose 4 cuadrantes (figura 8), donde se observa un patrón de viajes asociados desde el centro y la zona industrial.

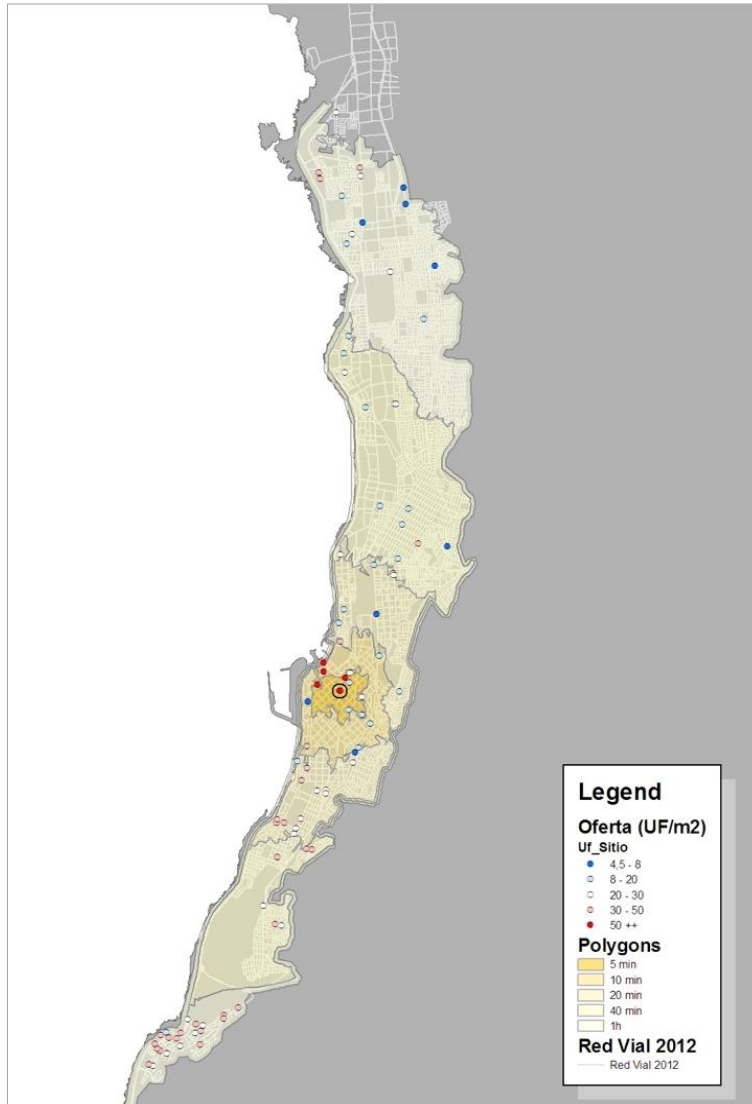
Figura 3. Antofagasta y precios de suelo



Fuente: Observatorio de Ciudades UC.

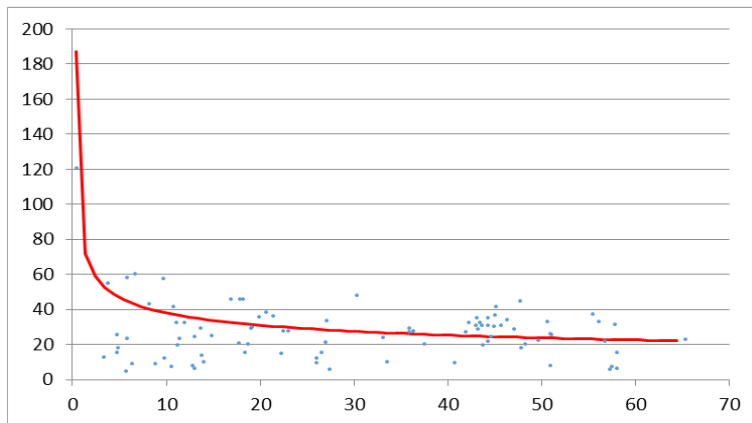


Figura 4. Antofagasta y precios de suelo, con sus áreas asociadas



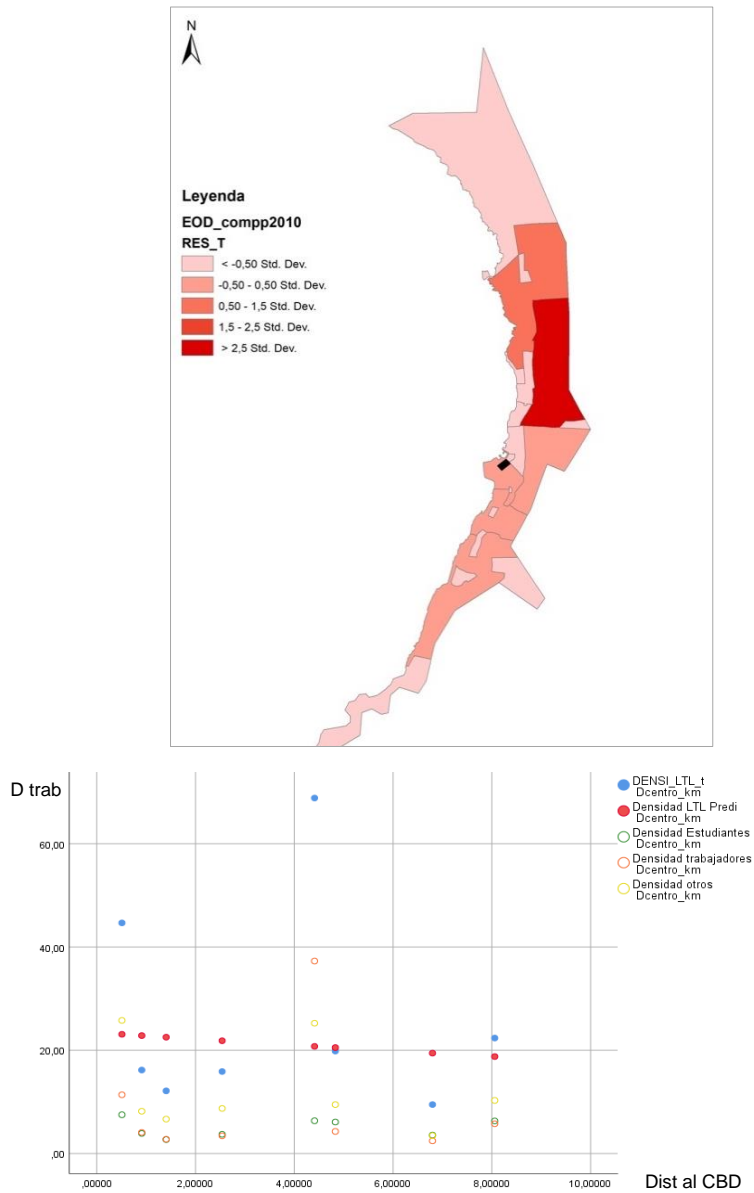
Fuente: Observatorio de Ciudades UC.

Figura 5. Antofagasta y precios de suelo, bid rent



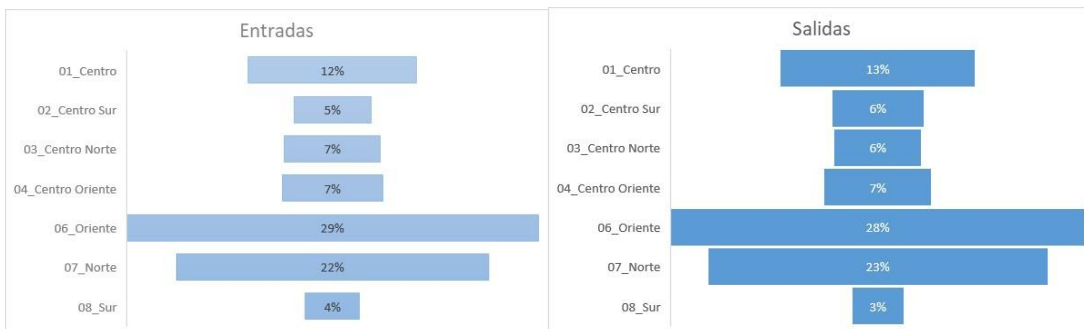
Fuente: Elaboración propia en base a Observatorio de Ciudades UC.

Figura 6. Antofagasta y densidad de trabajadores



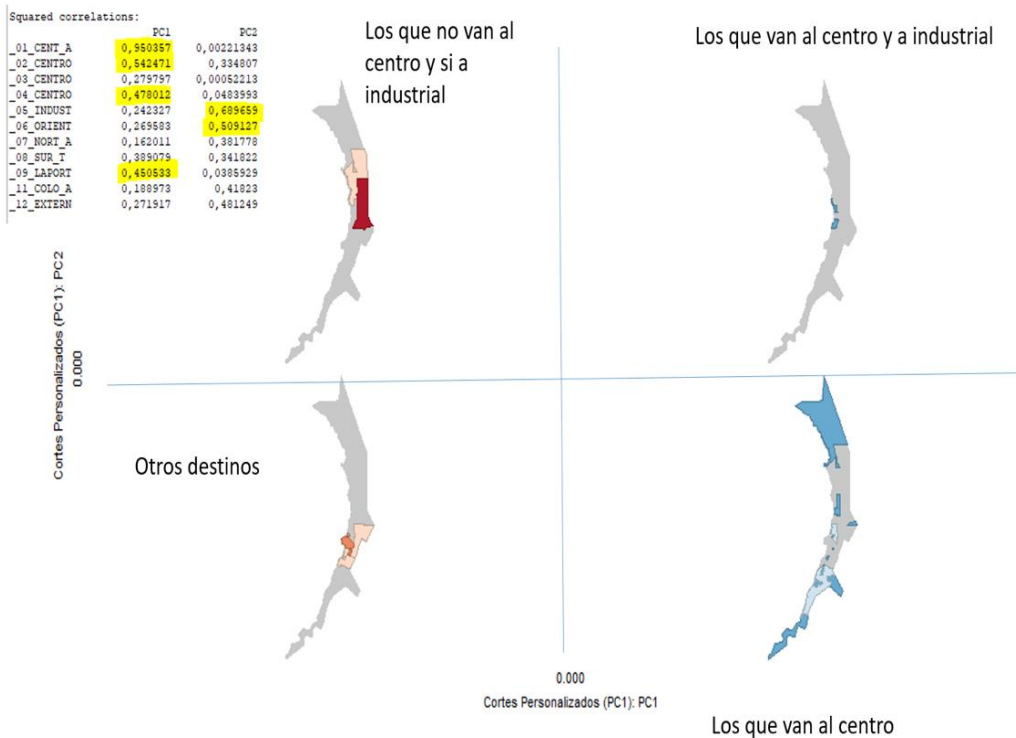
Fuente: Elaboración propia en base a Encuesta Origen Destino.

Figura 7. Viajes con destino trabajo en las distintas zonas de la EOD



Fuente: Elaboración propia en base a Encuesta Origen Destino.

Figura 8. Puntuación de Componentes principales de los viajes con destino trabajo



Fuente: Elaboración propia en base a Encuesta Origen Destino.

#### 4. La Serena Coquimbo

Este es un estudio cuantitativo de carácter inductivo y exploratorio. Metodológicamente se orienta en el índice de especialización territorial. El estudio de especialización territorial permite generar interpretaciones más complejas de la organización urbana (Fritzsche & Vio, 2000). Lo valioso de esta aproximación es que permite revisar las sub-centralidades que no necesariamente coinciden con el distrito de empleo y negocios de cada ciudad (Chica & Marmolejo, 2011), algo que en Chile al menos no está disponible en la información oficial por lo que este artículo contribuye a llenar dicho vacío también.

Así, la exploración desarrollada en este artículo permite determinar la especialización de actividades de una ciudad a partir de identificar cómo interactúan diversos giros económicos por manzana. Esto ha sido posible a partir de información del Servicio de Impuestos Internos. Dicho de otra manera, el estudio determina en qué espacios de la ciudad se produce una mayor concentración de actividades económicas diversas y con ello se presume que en dichos espacios se produce una mayor interacción entre personas.

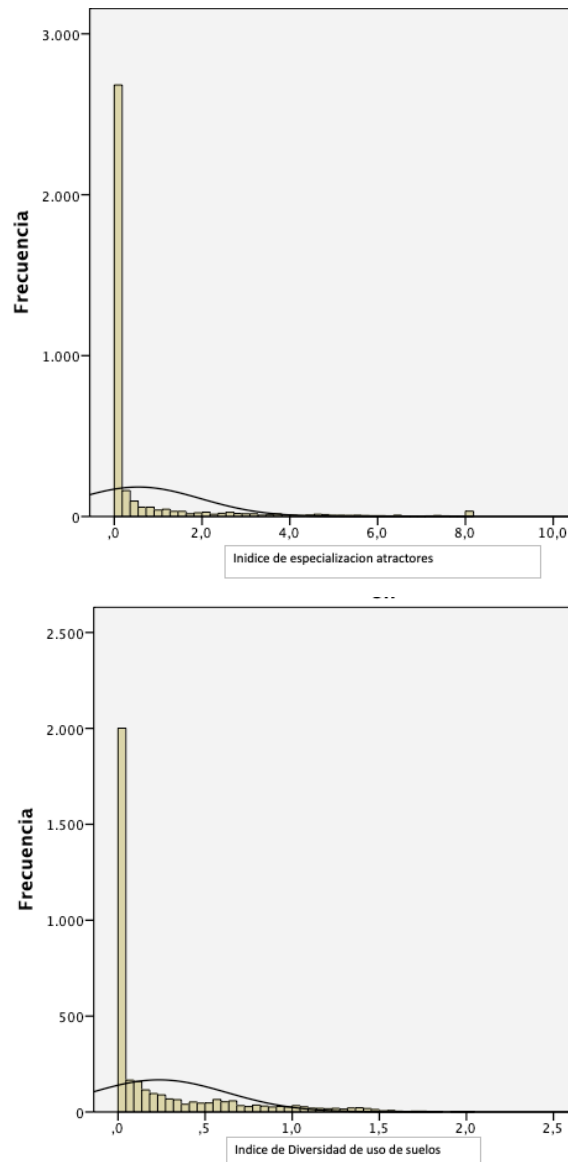
En ese sentido se eligen los usos de suelo, comercial, industrial, educación, culto, recreación y oficinas. A nivel de manzana se obtiene la Tabla 2, donde se observan las manzanas que cumple la condición de máxima especialización en los usos que atraen viajes, como también una escasa diversidad de usos (figura 9), que se observan gráficamente en la figura 10.

Tabla 2. Estadígrafos de metros cuadrados e indicadores, a escala manzana

	Superficie por manzana de destinos atractores	Superficie por manzana de destino Habitacional	Índice de especialización de destinos atractores	Índice de especialización de destino Habitacional	Índice de diversidad de usos de suelo	Total de superficies Manzana
n	3593	3593	3593	3593	3593	3593
Media	454,58	2707,94	<b>0,549</b>	<b>1,195</b>	0,235	3691,537
Mediana	0	1277	0	<b>1,363</b>	0	1465
Moda	0	0	0	<b>1,4</b>	0	984
Desv. típ.	3018,474	4159,927	<b>1,4222</b>	0,3369	0,389	8520,6443
Suma	1633310	9729619	1970,9	4295,1	844,5	13263694
Percentiles						
25	0	687,5	<b>0</b>	1,227	0	833
50	0	1277	0	<b>1,363</b>	0	1465
75	40,5	2796,5	0,189	<b>1,363</b>	0,319	3743

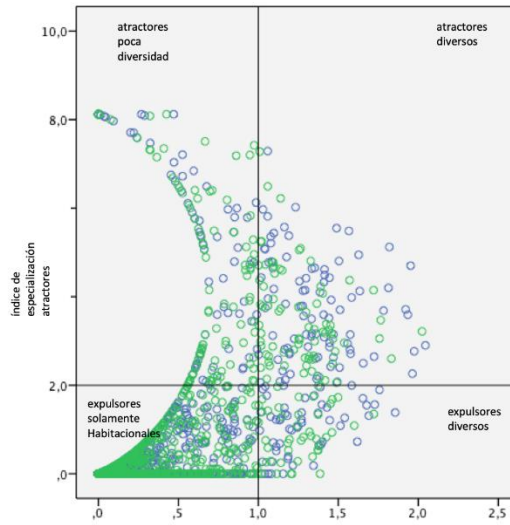
Fuente: Elaboración propia en base a datos del Servicio de Impuestos Internos.

Figura 9. Distribución del índice de especialización territorial y de diversidad de usos por manzana



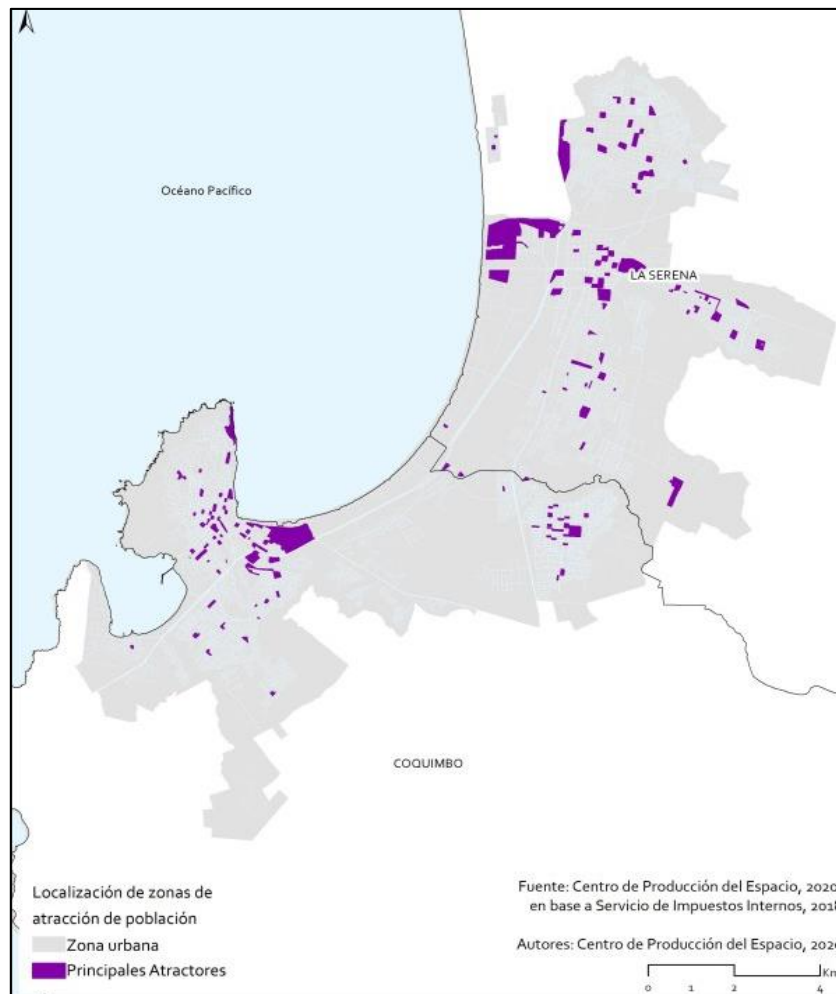
Fuente: Elaboración propia en base a datos del Servicio de Impuestos Internos

Figura 10. Comparación de índices y cuadrantes de caracterización de las manzanas



Fuente: Elaboración propia en base a datos del Servicio de Impuestos Internos.

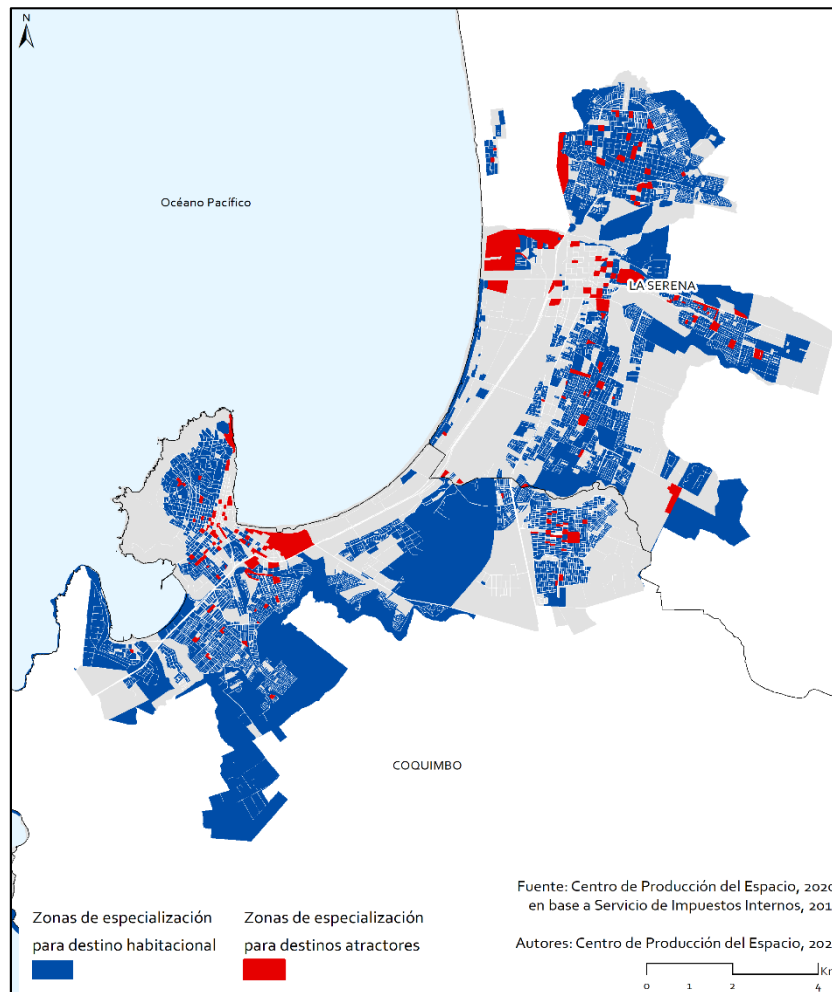
Figura 11. Manzanas resultantes del análisis y candidatas a subcentralidad



Fuente: Elaboración propia en base a datos del Servicio de Impuestos Internos.



Figura 12. Manzanas atractoras de viajes y manzanas habitacionales



Fuente: Elaboración propia en base a datos del Servicio de Impuestos Internos.

## 5. Reflexiones finales

Esta exploración, expresada en este artículo, busca establecer formas alternativas de identificación de subcentralidades en ciudades intermedias chilenas, con distintos alcances, datos basales y metodologías. Si bien las familias funcional y densidades, han ganado su espacio en la bibliografía, no se han explorado métodos más heterodoxos en términos metodológicos, haciendo cruces entre la movilidad y la densidad.

Esto último es particularmente relevante en ciudades intermedias cuyo proceso de metropolización está aun iniciándose. Así, las nuevas visiones “indisciplinadas” o eclécticas en términos de sus preceptos o líneas de investigación, permitirían ver los fenómenos más incipientes, y subcentralidades más líquidas y difusas. En esa lógica, los modelos acá presentados, uno asociado a la determinación de las condiciones de movilidad mediante una síntesis de viajes entre zonas mediante un análisis de componentes principales y una caracterización de estos, mediante el puntaje factorial de cada zona. Este modelo permite evidenciar la una subcentralidad incipiente en la estructura urbana de Antofagasta, asociada a las medianas empresas industriales.



En el caso de una ciudad intermedia con mayor fragmentación, y con una clara conurbación entre dos núcleos urbanos, La Serena y Coquimbo, en análisis de los usos de suelo del catastro de los impuestos, permite identificar las manzanas con mayor atracción de viajes, graficando una versión de subcentralidades barriales, para cada fragmento y para el sistema de ciudades. Las proyecciones, es probar las metodologías en otras ciudades intermedias, con distintos niveles de fragmentación, y comparar los resultados.

**Agradecimientos:** Esta investigación fue desarrollada con fondos del CPE UDLA y el apoyo de CPSV de la ETSAB Barcelona. Se agradece al geógrafo Juan Correa, por toda su ayuda con las cartografías, como también a Felipe Morales y Ricardo Trufello del Observatorio de Ciudades PUC, por el acceso a información histórica de precios de suelo en el marco del proyecto MEDIT (2007-2012)

**Contribuciones de los autores:** Carlos Aguirre desarrollo la metodologías y exploración de datos, Además se encargó de la redacción del artículo, Carlos Marmolejo, desarrollo el análisis crítico de las metodologías y Francisco Vergara, Desarrollo parte de las metodologías de análisis de datos, como también el plan de redacción del artículo.

**Conflicto de Intereses:** Los autores declaran que no hay conflicto de intereses.

## Bibliografía

- Alonso, W. (1964), Location and Land Use, Cambridge, Mass., Harvard University Press.
- Aguirre, C., Ramos, R., (2005), Impacto del ruido urbano en el valor de los departamentos nuevos: un estudio de precio hedónico aplicado a bienes ambientales. Revista de la Construcción, volumen 4, número 1, páginas 59-69.
- Aguirre, C; Marmolejo C. (2009). "Effects of labor subcentres in urban property values. Case study of the metropolitan region of Barcelona". 49th European Congress of the Regional Science Association International, 29-30 de Agosto, Polonia.
- Aguirre, C, & Marmolejo, C. (2011). El impacto del policentrismo sobre la distribución espacial de los valores inmobiliarios: un análisis para la Región Metropolitana de Barcelona. Revista de la construcción, 10(1), 78-90. DOI <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-915X2011000100008>
- Anas, A., & Kim, I. (1996). General Equilibrium Models of Polycentric Urban Land. JOURNAL OF URBAN ECONOMICS, 232-256.
- Bertaud, A. (2002). The Spatial Organization of Cities: Deliberate Outcome or Unforeseen Consequence?" World Development Report, Dynamic Development in a Sustainable World. Background Paper.
- Burns, M., Moix, M., Roca, J. (2001). Contrasting Indications of Polycentrism within Spain's Metropolitan Urban Regions, Eighth European Estate Society Conference, Alicante, Junio 26-29.
- Roca Cladera, J., & Moix, M. (2005). The interaction value: its scope and limits as an instrument for delimiting urban systems. Regional Studies, 359-375.
- Coomes, M., Openshaws, S. (1982): The use and definition of travel-to-work areas in Great Britain: some comments", Regional Studies, 16, 141-149.



Chica Mejía, E., & Marmolejo Duarte, C. R. (2011). Los sectores económicos intensivos en conocimiento y sus formas de localización en el territorio metropolitano: un estudio para la Región Metropolitana de Barcelona. *ACE: architecture, city and environment*, 6(16), 223-252. DOI <https://dx.doi.org/10.5821/ace.v6i16.2525>

Craig, S.G., NG, P.T. (2001) Using Quantile Smoothing Splines to Identify Employment Subcentres in a Multicentric Urban Area, *Journal of Urban Economics*, 49, pp. 100-120.

Fujita, M., Krugman, P, Venables, P. (2000). *Economía Espacial, Las ciudades, las regiones y comercio internacional*, 1era Edición, Ariel Economía, Barcelona.

Fritzsche, F. J., & Vio, M. (2000). Especialización y diversificación industrial en la Región Metropolitana de Buenos Aires. *EURE (Santiago)*, 26(79), 25-45. Recuperado de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=s0250-71612000007900002&script=sci\\_arttext](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=s0250-71612000007900002&script=sci_arttext)

García-López, M.A. (2007). Estructura Espacial del Empleo y Economías de Aglomeración: El Caso de la Industria de la Región Metropolitana de Barcelona, *Architecture, City & Environment*, 4, pp. 519-553.

Giuliano, G., Small, K.A. (1991). Subcenters in Los Angeles Region, *Regional Science and Urban Economics*, 21, 163-182.

Gordon, P, Richarson, H.W. (1996). Beyond Polycentricity. The Dispersed Metropolis, Los Angeles, 1970-1990, *Journal of the American Planning Association*, Vol 62, nº 3, pp. 289-295

Heikkila, E., Gordon, P., Kim, J.I., Peiser, B., Richardson, H.W. y Dale-Johnson, D. (1989). What happened to the CBD-Distance Gradient? Land values in a polycentric city, *Environment and Planning A*, 21, pp. 221-232.

Marmolejo, C., Roca, J. (2006). Hacia un modelo teórico del comportamiento espacial de las actividades de oficina. *Scripta Nova. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales*. Barcelona: Universidad de Barcelona, 15 de julio de 2006, vol. X, núm. 217. McDonald, J.F. (1987). The Identification of Urban Employment Subcenters, *Journal of Urban Economics*, 21, pp. 242-258.

McDonald, J.F.; McMillen, D.P. (1990). Employment Subcenters and Land Values in a Polycentric Urban Area: The Case of Chicago, *Environment and Planning A*, 22, pp. 1561-1574.

McDonald, J.F; McMillen, D.P. (1998). "Land values, land use, and the first Chicago Zoning Ordinance, *Journal of Real Estate Finance and Economics* Vol. 16, nº 2, pp. 135-150.

McDonald, J.F., McMillen, D.P. (2007). *Urban economics and real estate: theory and policy*, Blackwell, Malden MA, Boston USA. PP 640.

McMillen, D.P. (2003). Identifying Subcentres Using Contiguity Matrices, *Urban Studies* Vol. 40, nº 3, pp. 57-69.

McMillen, D.P. (2001). "Non-Parametric Employment Subcenter Identification", *Journal of Urban Economics*, 50, pp. 448-473.

McMillen, D.P. (1996). "One Hundred Fifty Years of Land Values in Chicago: A Nonparametric Approach", *Journal of Urban Economics*, 40, pp. 100-124.



McMillen, D.P.; McDonald, J.F. (1997). "A Nonparametric Analysis of Employment Density in a Polycentric City", *Journal of Regional Science*, 37, pp. 591-612.

Muñiz, I. (2003). ¿Es Barcelona una ciudad policéntrica?; Working Paper 03.09; Departament d'Economia Aplicada; UAB.

Muñiz, I; Galindo, A. (2005). Descentralisation, integration and polycentrism in Barcelona, Working paper, 05.12 del departamento de Economía Aplicada Universidad Autónoma de Barcelona.

Muth, R. (1969). *Cities and Housing*. Chicago: University of Chicago. Chicago, Illinois, Estados Unidos.

Roca J. (1988) "La Estructura de valores urbanos un análisis teórico-empírico, 1era edición, Instituto de Estudios de Administración Local, Madrid.

Roca, J. Marmolejo, C; Moix, M; (2010). "Estructura Urbana y Policentrismo. Hacia una redefinición del concepto", *Urban studies* (Forthcoming)

Roca, J.; Moix, M. (2005). "Cap a una nova organització territorial de Catalunya" Research paper, 5-2004, Centro de Política de suelo y valoraciones, Universidad Politécnica de Cataluña.

Redfean, C.L. (2007): "The Topography of Metropolitan Employment: Identifying Centers of Employment in a Polycentric Urban Area", *Journal of Urban Economics*, 61, pp. 519-561.

Shearmur, R.; Coffey, W.J. (2002). "A Tale of Four Cities: Intrametropolitan Employment Distribution in Toronto, Montreal, Vancouver, and Ottawa-Hull, 1981-1996", *Environment and Planning A*, 34, pp. 575-598.

Shearmur, R. (2018). *The Millennial Urban Space-Economy: Dissolving Workplaces and the Delocalization*. In M. Moos, D. Pfeiffer, & T. Vinodrai, *The Millennial City, Trends, Implications, and Prospects for Urban Planning and Policy* (pp. 65-79). Oxford: Routledge.

Song, S. (1994). *Modelling Worker Residence Distribution in the Los Angeles Region*, *Urban Studies* 31, pp. 1533-1544.

White, M.J. (1976). *Firm Suburbanization and Urban Subcenters*. *Journal of Urban Economics*, 3, pp. 323-343.

## ANEXO 4

Publicación:	¿Hacia un sistema de metrópolis españolas policéntricas?: caracterización de su estructura metropolitana	
Código	C3	
Autor	Carlos Marmolejo Duarte Carlos Aguirre Nuñez Manuel Ruiz Lineros	
Año	2011	
Consideraciones	Congreso	CTV

**Resumen:**

Las metrópolis han sufrido en la última mitad de siglo un proceso de descentralización de la actividad económica y el desarrollo de nuevas centralidades fuera de sus cascos tradicionales. Este proceso, ha permitido la generación de subcentros de actividad, que captan actividad económica de los centros urbanos generando nuevos patrones de ocupación del territorio, que coexisten con los procesos de dispersión.

En esta investigación, mediante el análisis de la densidad de empleo, se caracteriza la estructura policéntrica de 7 áreas metropolitanas españolas: Madrid, Barcelona, Valencia, Bilbao, Sevilla, Zaragoza, y Málaga; en el sentido de identificar la forma en cómo la población y la actividad económica se distribuye en 4 tipos de asentamientos: 1) núcleos centrales de actividad, 2) continuos centrales, 3) núcleos satelitales de actividad, y 4) resto del área metropolitana. Los resultados sugieren que el nivel de policentrismo está asociado a dos factores: el tamaño de los sistemas metropolitanos y la matriz territorial en la que se ubican éstos; así, cuanto más grandes son los primeros y más accidentada es la segunda, el proceso de autoorganización espacial de la economía tiende a generar sistemas policéntricos.

**Palabras Clave:** Policentrismo, subcentros laborales, metrópolis españolas



## 1. Introducción: Sobre la emergencia de los sistemas urbanos policéntricos

El desarrollo urbano producido en los últimos decenios ha ido alejando de forma progresiva la estructura urbana de las áreas metropolitanas contemporáneas del modelo estándar de la economía locacional es decir, modelo monocéntrico desarrollado a partir de la aproximación de Von Thünen. Dicho modelo, en la forma dada por Alonso (1964), Muth (1969) y otros, ha sido un instrumento extremadamente fértil tanto por su simplicidad, rigor y elegancia conceptual, como por su capacidad para ser contrastado empíricamente. Uno de sus logros más notables ha consistido en explicar el proceso de descentralización residencial producido en la mayor parte de los sistemas urbanos a partir de los primeros decenios de siglo XX. Sin embargo nada parecido ha sucedido respecto a la localización del empleo, respecto al cual el modelo monocéntrico clásico considera concentrado en torno al CBD. Sin embargo la realidad del desarrollo urbano a partir de la década de los 80 (véase el excelente trabajo de Anas, Arnott & Small, 1998, para un mayor detalle) ha denotado cambios sustanciales en la estructura de las áreas metropolitanas: cambios que no pueden ser explicados por el modelo estándar. Particularmente el policentrismo creciente de las mismas, concentrando el empleo en diversos subcentros, además del CBD, así como la creciente dispersión de la actividad económica en la práctica totalidad del tejido urbano han planteado cambios estructurales en las relaciones económicas que requieren de nuevos desarrollos teóricos, más allá del modelo monocéntrico tradicional. A fin de adaptar dicho modelo a la realidad de los hechos, la literatura teórica (entre otros, Hartwick and Hartwick, 1974; White, 1976; Odland, 1978; von Boventer, 1976; Ogawa & Fujita, 1980; Fujita & Ogawa, 1982; Fujita, 1988; Henderson & Mitra 1996; Anas & Kim, 1996; Krugman 1996; Fujita & Mori, 1997) ha situado en la congestión de los lugares centrales el principal elemento explicativo de la caída relativa de los CBDs, de forma tal que las estructuras urbanas contemporáneas serían el resultado inestable de un conjunto de fuerzas centrípetas y centrífugas, en las que el efecto descentralizador provocado por la congestión (y el recurso estructuralmente escaso que es el suelo) sería sólo parcialmente compensado por las economías de aglomeración. En este contexto dialéctico el predominio de las estas últimas conduciría a la concentración descentralizada del empleo en uno a varios subcentros además del CBD, así como, en el caso de dominio de las economías de desaglomeración, a la dispersión del empleo en el conjunto de la región, dando paso, de esta manera a sistemas metropolitanos policéntricos. Numerosos estudios empíricos han dado fe de esos cambios en la estructura urbana. La inmensa mayor parte de ellos dirigidos al reconocimiento de subcentros y, por tanto, a la tesis “neo”-clásica encaminada a la primacía de las fuerzas de aglomeración en un contexto descentralizado. Muy pocos (Gordon & Richardson, 1996), en cambio, dirigidos a evidenciar el progresivo protagonismo de las fuerzas disgregadoras sobre el empleo y, por tanto, a cuestionar la vigencia de la tesis del policentrismo. En el contexto de las áreas metropolitanas españolas diversos

estudios han constatado la existencia del modelo de organización policéntrica aunque con diferentes matices (Muñiz, 2003, Trullen & Boix 2003, Roca *et al.* 2010).

### 1.1. Sobre los métodos para identificar subcentros

En la literatura existen dos familias de métodos para la detección de subcentros laborales. La primera basada en el análisis de la distribución de la densidad (p.e.: puestos de trabajo/superficie urbanizada) y la segunda el análisis de la movilidad (p.e.: residencia-trabajo).

#### Densidad

La primera familia basada en la densidad es la más extendida, según McMillen (2001) “una definición de trabajo razonable sobre el concepto de subcentros es un sitio con: 1) una densidad de empleo razonablemente mayor que los sitios aledaños, y 2) que tiene una influencia sobre la función de densidad general [del sistema metropolitano]”. En esta familia 4 son las metodologías principales:

- 1) El primer criterio, sugerido ya por McDonald (1987), consiste en identificar “picos” de densidad de empleo en relación a las zonas contiguas, en este sentido el autor sugiere que un subcentro es un segundo “pico” de densidad tras el CBD. Dicho criterio consiste en analizar, normalmente con el concurso de SIG, la distribución espacial de la función de densidad, destacando los picos locales de empleo como posibles candidatos a subcentro. Gordon, Richardson & Wong (1986) restringieron el número de subcentros a aquellas zonas con altos *t-values* en un modelo policéntrico de población y empleo; McDonald & McMillen, 1990; Craig & Ng, 2001;
- 2) La segunda aproximación consiste en utilizar un conjunto de umbrales de referencia (*cut offs*) que permitan la identificación de los subcentros. La mayor parte de trabajos basados en este criterio han seguido los pasos iniciados por Giuliano & Small (1991), los cuales utilizaron criterios de masa crítica (10.000 LTL), y de densidad (10 empleos por acre, unos 2.500 empleos por km<sup>2</sup>) para la definición de los subcentros; según McMillen (2001), la elegancia de estos umbrales radica en el conocimiento cualitativo de la realidad metropolitana que les da soporte, además de que *permite el análisis histórico de la estructura de subcentros*; los referentes de este método son: Song, 1994; Cervero & Wu, 1997; McMillen & McDonald, 1997; Bogart & Ferry, 1999; Anderson & Bogart, 2001; Shearmur & Coffey, 2002; García-López (2007); Readfearn (2007);
- 3) Desde una perspectiva de mayor rigor estadístico, un tercer conjunto de trabajos ha buscado la identificación de los subcentros mediante la utilización de métodos paramétricos, y muy especialmente el análisis de los residuos en una función densidad de empleo exponencial negativa. McDonald & Prather (1994) ensayan un modelo de regresión

basado en el modelo exponencial negativo, delimitando los subcentros mediante el análisis de residuos positivos, superiores al 95% de confianza, de la ecuación de regresión. McMillen, 2001. McDonald (1987); McDonald & McMillen (1990); sin embargo, como el propio McMillen (2003) lo reconoce una de las limitaciones de los modelos paramétricos es la mayor dificultad para comparar los resultados entre ciudades, al contrario de lo que ocurre con los umbrales de Giuliano y Small (1991);

**4)** La cuarta aproximación utiliza métodos no paramétricos, como la *locally o geographically weighed regression* (L o GWR), para la identificación de “picos” locales de densidad de empleo. Desde esta perspectiva la estimación no paramétrica de la densidad de empleo se produce localmente, lo que permite adaptar la identificación de subcentros a la realidad espacial de la estructura urbana. McMillen (2001), Craig & Ng, 2001; Readfearn, 2007, Roca *et al* 2010.

Se ha trabajado con la densidad que generan los flujos de compradores para detectar subcentros comerciales mediante el uso de métodos paramétricos (Ruiz y Marmolejo, 2008). Sin embargo, una de nuestras principales críticas a esta familia de métodos, es el tratamiento agregado de la densidad, que no permite distinguir la densidad que se genera por los trabajadores (*commuters*) que llegan desde otros municipios, de aquella densidad endógena que se genera por la población ocupada que se queda a trabajar en el mismo municipio (*resident workers*); por esta razón no se puede, mediante este tratamiento agregado de la densidad, distinguir los municipios que son densos porque atraen un flujo importante de trabajadores pero a la vez retienen una cuantía importante de sus trabajadores residentes (subcentros maduros y estructuran el territorio), de aquellos que son densos sin atraer prácticamente flujos (p.e.: un cuartel militar, es decir, accidentes de densidad sin relaciones estructurantes con su alrededor) ni de aquellos que son densos sin tener o retener a su población ocupada residente (p.e.: un polígono industrial, subcentros emergentes). Por esta razón, uno de los trabajos previos (CPSV, 2008) ha consistido en desarrollar métodos con medidas compuestas de densidad a partir de los flujos entrantes, de los flujos retenidos, para intentar establecer una primera caracterización de los subcentros.



## Funcional

La segunda familia de métodos parte del entendimiento que un subcentro, no sólo es un punto en el espacio metropolitano especialmente denso, sino y sobre todo, que es capaz de dar cohesión y estructura al territorio que lo rodea. *Nuestro grupo de investigación ha desarrollado metodologías novedosas en esta segunda línea.* Los trabajos de Bourne (1989); Gordon & Richardson (1996); Burns, Moix & Roca (2001) y Roca; Marmolejo y Moix (2010) son algunos referentes en este ámbito. Según estos últimos autores, mediante el análisis de la interacción que se genera entre los diferentes municipios, y en concreto del índice o valor de relación de Coombes y Openshaw (1982), es posible encontrar aquellas áreas cohesionadas por relaciones funcionales más potentes (protosistemas), de manera que el municipio con mayor masa crítica y densidad de este conjunto (protosistema), es asimismo, el que posee las relaciones más intensas con el resto, es decir, un subcentro. Se trata, por tanto, de un proceso de delimitación de abajo hacia arriba, en dónde primero se establece el área de influencia, y en seguida, se detecta el punto que irradia dicha influencia (i.e. que atrae proporcionalmente más flujos de personas).

### 1.2. Sobre la caracterización y las relaciones de jerarquía entre los subcentros

O'Sullivan (2007) al sintetizar el trabajo realizado por Anas, Arnot & Small (1998), Sivitaniodu(1996), Mc Millen(1996) y Schwartz (1992), sugiere que los subcentros no sólo aglutinan a una cantidad importante de trabajadores, sino que también están altamente especializados indicando de esta forma la presencia de economías de localización. De manera que la caracterización de la estructura económica deviene en una tarea fundamental en el proceso de identificación de subcentros; máxime cuando en la literatura, con la excepción del trabajo de Sheamur y Coffey (2002), sobre la localización de servicios avanzados, la identificación de subcentros suele realizarse a partir de los datos de puestos de trabajo totales (i.e. sin identificar tipos de actividad). Uno de los trabajos de referencia en la caracterización de los subcentros es el realizado por Giuliano y Small (1991), sobre la base de un análisis multivariante (clúster) aplicado a datos de empleo localizado. De esta manera, los autores identifican 5 tipos de subcentros para el Área Metropolitana de Los Ángeles:

- 1) Los Industriales mixtos, donde se destacan las zonas aledañas a Aeropuertos y Nodos de transporte, que generan actividad industrial, pero a su vez otros tipos de servicios;
- 2) Los de servicios mixtos, que tienden a ser similares a CBD, dotados gran cantidad de servicios y muchas funciones que los hacen independientes del CBD,
- 3) especializados en manufacturas, aquí se incluyen las zonas antiguas de manufacturas y las de la industria aeroespacial, cercanas a los aeropuertos de los Ángeles,
- 4) especializados en entretenimiento, incluyendo a las áreas propias de los sectores

de entretenimiento, televisión, cine, etc.; y

5) los especializados en servicios personales, en los que existen hospitales, entretenimiento como centros comerciales y zonas de educación.

Por otra parte, McMillen y McDons (1998) han identificado cuatro tipos de subcentros para Chicago, organizándolos como:

- 1) zonas industriales;
- 2) antiguas ciudades satélites,
- 3) mixtos de nueva industria y comercio al por menor; y
- 4) de servicio y comercio al por menor.

Desde la vertiente más cualitativa, Garreau (1991) define a las “edge cities” como subcentros que por característica principal tienen la de albergar actividades económicas con empleo cualificado, que a su vez, demanda servicios y productos especializados, como por ejemplo, los culturales. Sin embargo, la influencia de un subcentro sobre el resto del área urbanizada no sólo depende de su densidad y carácter, también del posicionamiento que tenga dentro del conjunto de subcentros del sistema metropolitano, es decir, de su jerarquía.

Desde la perspectiva de las relaciones jerárquicas entre los subcentros existen tres líneas claramente diferenciadas:

- 1) la primera es la más simple, en tanto que se basa únicamente en el análisis de la masa de población o actividad económica localizada, estableciendo, arbitrariamente o estadísticamente, rangos de corte (CPSV, 2005);
- 2) la segunda tiene una íntima relación con la teoría del lugar central; y
- 3) la tercera, con las vinculaciones funcionales entre los diferentes subcentros. Christaller (1933); Lösch (1941), Berry y Garrison (1958), Somea (1973, 1987), Philbrick (1957) y Borchet (1963) son algunos referentes del tercer método, en donde la jerarquía está determinada por el nivel de especialización de los bienes y servicios que se distribuyen en los subcentros.

De manera que aquellos especializados en productos/servicios con una demanda rígida a la variación del precio, devienen en subcentros de mayor jerarquía en relación a aquellos especializados en productos/servicios con una demanda flexible a la variación del precio. Como se ve, se establecen de manera simultánea, subcentros y áreas de mercado. Desde una perspectiva cualitativa el urbanista Melvin Weber (1964) ha propuesto una aproximación similar al aportar criterios para la detección de redes locales e locales, que se suscitan en áreas geográficas de diferente magnitud, y relación de jerarquía; la tercera línea tiene relación con los vínculos de interdependencia que se generan entre los subcentros, ya sea entre los diferentes sectores del mismo mercado laboral (i.e. diferentes empresas) Camagni (2005); o entre los mercados residencial y laboral (i.e. decisiones locativas del sitio en el que trabajan las personas y el sitio en el que viven). En este último sentido Roca y Moix

(2005) han diseñado modelos iterativos de agregación de municipios basados en el análisis de los flujos pendulares residencia-trabajo.

### 1.3. *Sobre la influencia de los subcentros en la eficiencia de la urbanización y en la renta del suelo*

De acuerdo con la definición de McMillen (2001) la segunda condición necesaria que ha de cumplir un presunto subcentro es influir en la densidad de las localizaciones aledañas. Por esta razón, en su método de dos pasos, una vez detectados los presuntos subcentros, se estudia si éstos tienen una influencia estadísticamente significativa sobre la densidad de los municipios aledaños (Muñiz, 2003). Visto desde la perspectiva de la eficiencia de la urbanización la potencial influencia de un subcentro sobre la densidad del entorno, podría ser un indicador del consumo de suelo per cápita. De manera que un área policéntrica tendría que estar formada por áreas densas en torno a los subcentros; al margen que estos en sí mismos, optimizarían el consumo de este bien escaso. En esta misma línea ha ido el trabajo de Bertaud (2002), en el sentido de sugerir diferentes sistemas de transporte para diferentes estructuras metropolitanas y densidades de las mismas. Por otra parte, las estructuras policéntricas, al presentar más oportunidades de trabajo a lo largo del sistema metropolitano son, asimismo, potencialmente sostenibles en relación a los sistemas urbanos monocéntricos al acortar y reducir los viajes pendulares (O'Sullivan, 2007). En España, Roca *et al.* (2001) han documentado cómo, en Madrid, un sistema acusadamente monocéntrico, la distancia media recorrida por los trabajadores es de 10,6 km, mientras que en Barcelona, un sistema con una tendencia policéntrica es significativamente menor y equivalente a 6,7 Km; en este sentido, hace falta controlar las diferencias en la forma, extensión y nivel de continuidad de la urbanización para garantizar que efectivamente la variación en la distancia recorrida por los trabajadores se debe a las diferencias en el nivel de policentrismo. Como se ha dicho antes, el principal modelo de la economía urbana, para estudiar la distribución de: la densidad, los usos del suelo y su renta es la teoría de la renta ofertada o "bid rent" (Fujita, 2000). Popularizado por Alonso (1964), pero originalmente trasladado por Hurd (1903) del modelo agrícola de von Thünen (1826), este modelo tiene uno de sus pilares en el intercambio o *trade off* que se genera entre los costes de transporte y la renta que se transfiere al suelo en forma de un pago periódico, cuya capitalización, es un referente del precio de mercado. En este sentido Redfearn (2006) ha documentado la emergencia de los gradientes de renta en los sistemas metropolitanos en transición del comunismo al capitalismo; usando como caso de estudio Cracovia, ha arguido que la progresiva desaparición de la subvención del transporte público tuvo como consecuencia la emergencia del gradiente-renta del suelo, en tanto los hogares, progresivamente tuvieron que soportar los costes de transporte. Sin embargo la emergencia de los sistemas

policéntricos, y otros factores, parecen haber puesto en crisis el modelo de *trade-off* monocéntrico como lo han documentado en Nueva York y Chicago Heikkila *et al.* (1989). En sus modelos, la importancia de la accesibilidad al CBD pierde importancia para los diferentes cortes transversales realizados a lo largo de 65 y 150 años respectivamente; “lo cual puede indicar el incremento de complejidad en el desarrollo de los mercados de suelo a lo largo del tiempo [subcentros]. Dichos cambios podrían incluir, por ejemplo, el desarrollo de equipamientos e infraestructuras que podrían haber influenciado a los valores, así como el desarrollo de nuevos nodos de empleo” Dale-Johnson & Bzreski (2001).

En un escenario policéntrico uno de los trabajos más destacables que se ha realizado en relación a los gradientes de la renta del suelo es el de Redfearn (2007). Mediante un modelo de precios hedónicos, en el que se han controlado el resto de atributos que condicionan el valor del suelo (i.e.: externalidades urbano-ambientales, estructura social y la accesibilidad al CBD) el autor propone el análisis de los residuos como medio para detectar subcentros. *Sin embargo nuestro grupo de investigación no tiene claro hasta qué punto la influencia de los subcentros está ligada únicamente con la distribución de los valores (gradientes).* Si desde una perspectiva cualitativa, y tras haber caracterizado al CBD y a los subcentros (i.e.: establecido el nivel de servicios y las oportunidades de empleo por tipos), resultase que estos fuesen diferentes entre sí, sería esperable que el acceso a ellos tendría que tener un gradiente diferente para cada uno y también diferente con el CBD; de manera que podrían establecerse submercados en su entorno. Por tanto, un sistema cualitativamente policéntrico no tendría que influenciar únicamente el manto de precios de suelo, sino también, la forma en cómo se estructuran los submercados.

En las áreas metropolitanas españolas Roca (1986) ha propuesto modelos de precios hedónicos para estudiar la importancia, sobre la formación de la renta del suelo, de los factores relacionados con las externalidades, la accesibilidad al CBD y la jerarquía social; sin embargo, no ha incluido explícitamente la existencia de subcentros.

#### **1.4. Aspectos de la investigación.**

En una primera instancia, este trabajo forma parte de una investigación mayor que pretende establecer la evolución de las estructuras urbanas de las metrópolis españolas. Se ha elegido las ciudades de Madrid, Barcelona, Bilbao, Málaga, Sevilla, Valencia y Zaragoza para establecer la evolución de sus estructuras urbanas establecidas por los núcleos o concentraciones de puestos de trabajo. En ese sentido, la investigación presenta sus primeros resultados en este artículo, una primera aproximación metodológica de identificación de estructuras urbanas y su análisis en el tiempo.

Esta aproximación se basa en un método de tres etapas, la delimitación de la ciudad funcional, la identificación de núcleos o concentraciones de puestos de trabajo esta ciudad funcional y por último, la identificación morfológica de los continuos urbanos. El trabajo

termina posicionando cada área metropolitana en un modelo conceptual que tiene en un eje el nivel de dispersión de la actividad económica y en otro el nivel de policentrismo.

La información utilizada en este trabajo son los datos de los Lugares de Trabajo Localizados (LTL) del censo de 2001 y 1991 como un indicador de la localización del empleo, los usos del suelo del proyecto europeo de teledetección Corine Land Cover en los años 2000 y 1991.

## 2. Aproximaciones a la identificación de estructuras policéntricas en ciudades españolas.

### 2.1 Delimitación de la ciudad funcional

Para identificar la ciudad funcional existen en la literatura diferentes metodologías que delimitan la ciudad por aspectos disimiles. En común, todas buscan establecer los municipios que presentan una relación intrínseca de tradición, comunicación, viajes de trabajo o de compras con miras a delimitar el sistema interrelacionado de municipios, este sistema presenta varios nombres, como región urbana funcional, (FUR, en su acrónimo en inglés), áreas urbanas, sistemas metropolitanos, por ejemplo. Para efectos de esta investigación, se denominaran áreas metropolitanas funcionales.

Las principales metodologías que se han aplicado en metrópolis españolas son:

#### 1. GEMACA (1996)

A Municipios contiguos o limítrofes que envían más del 10% de su POR a la aglomeración económica principal, definida esta como la suma de los municipios contiguos que tienen una densidad de LTL superior a 7 LTL/ha y una masa superior a 20.000 LTL.

#### 2. Estudio sobre la delimitación de áreas metropolitanas Roca, Moix, Burns (1998)

Sistema de cuatro iteraciones en el cual un municipio ha de enviar el 15% de su POR al área definida en la iteración anterior, iniciando estas en un municipio de más de 50.000 habitantes.

Definición del núcleo central (central core): una ciudad (central) de al menos 50.000 habitantes más los municipios contiguos que envían al menos el 15% de su commuting total (interno y externo) a esta ciudad, además de aquellos municipios que queden contenidos (envueltos) por los municipios anteriores. Posteriormente se forma la corona metropolitana: municipios que envían al menos el 15% de su commuting al núcleo central. El proceso se realiza cuatro veces,

tomando cada vez como núcleo el resultante del proceso anterior, tal que: (1) primera iteración = núcleo central + municipios que le envían al menos el 15% de su

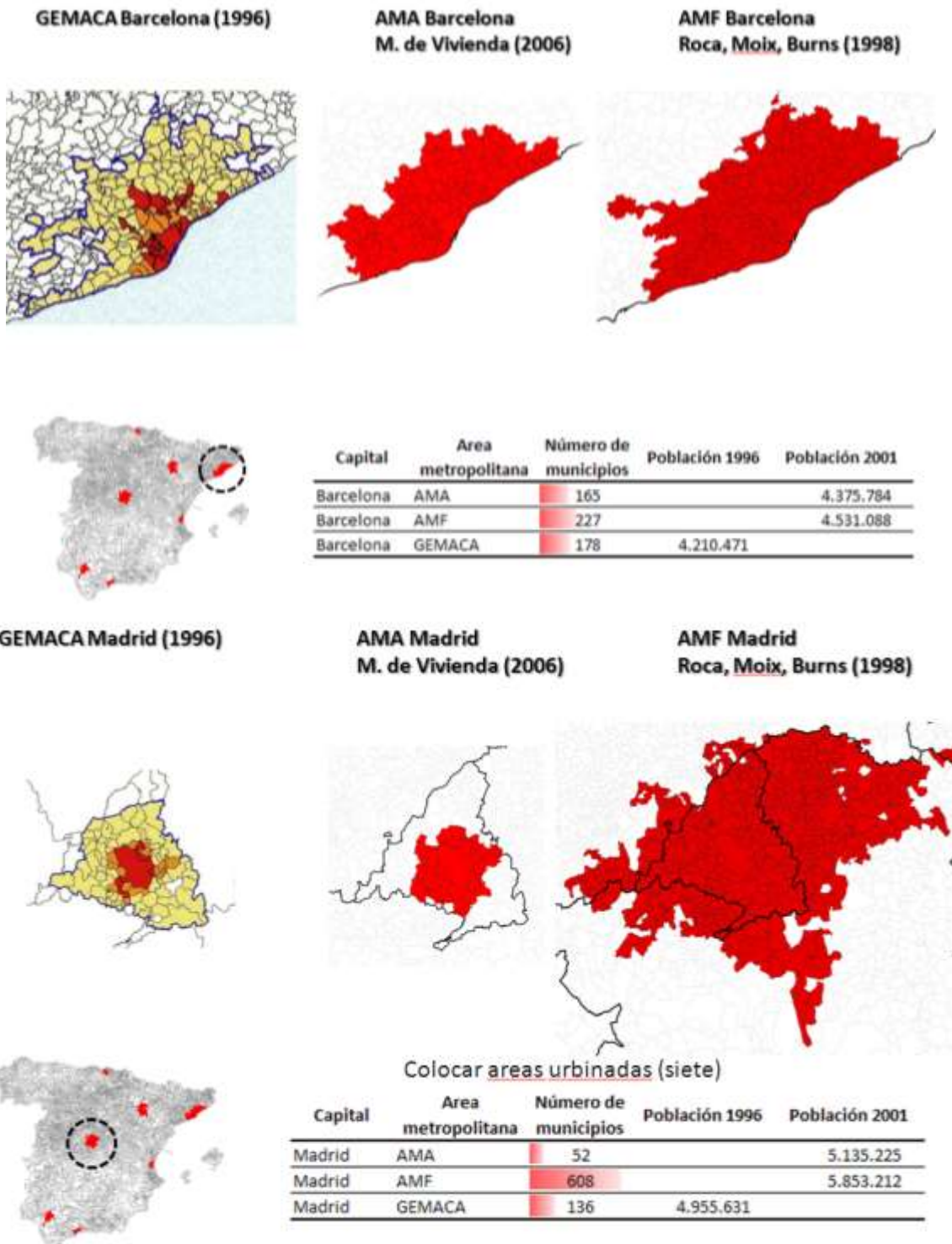
commuting; (2) segunda iteración = primera iteración + municipios que le envían al menos el 15% de su commuting; (3) tercera iteración = segunda iteración + municipios que le envían al menos el 15% de su commuting; (4) cuarta iteración (final) = tercera iteración + municipios que le envían al menos el 15% de su commuting. En la cuarta iteración pueden aplicarse también criterios de densidad.

3. **Atlas estadístico de las áreas urbanas de España del Ministerio de Vivienda (2006)**  
Agrupación de municipios de acuerdo a criterios estadísticos interrelacionando distintos tipos de variables (físicas, socio-económicas y jurídicas). Estas variables son: Población (volumen de población, densidades municipales, dinámicas demográficas a corto y largo plazo, población ocupada por sectores, estructura de población; Vivienda (dinámica del parque de vivienda en los últimos 30 años, viviendas); Estructura territorial y dinámicas urbanas (ortofotos, mapas de usos del suelo, clasificaciones y calificaciones urbanísticas, bases topográficas, y documentación procedente de otras entidades administrativas); y por último datos sobre redes de transporte existentes y planificadas. por uso, tipología de edificios por plantas, dinámica de visados de obra, y precio de la vivienda).

En la figura 1, se muestra los resultados de las tres metodologías para el área metropolitana de Barcelona y Madrid, donde se observa esta diferencia en la cantidad de municipios y la superficie que abarcan. Estas clasificaciones, resultan muy diferentes en las áreas metropolitanas que delimitan en algunas metrópolis. Por esta razón, en esta investigación se ha usado un sistema propio de delimitación, a partir del método adaptado de la Oficina del Censo Norteamericano para España por Roca et al (1998).

Figura 1

Áreas metropolitanas de Barcelona y Madrid. Según las diferentes clasificaciones



Fuente elaboración propia en base a INE, Ministerio de Vivienda y Roca (2003)

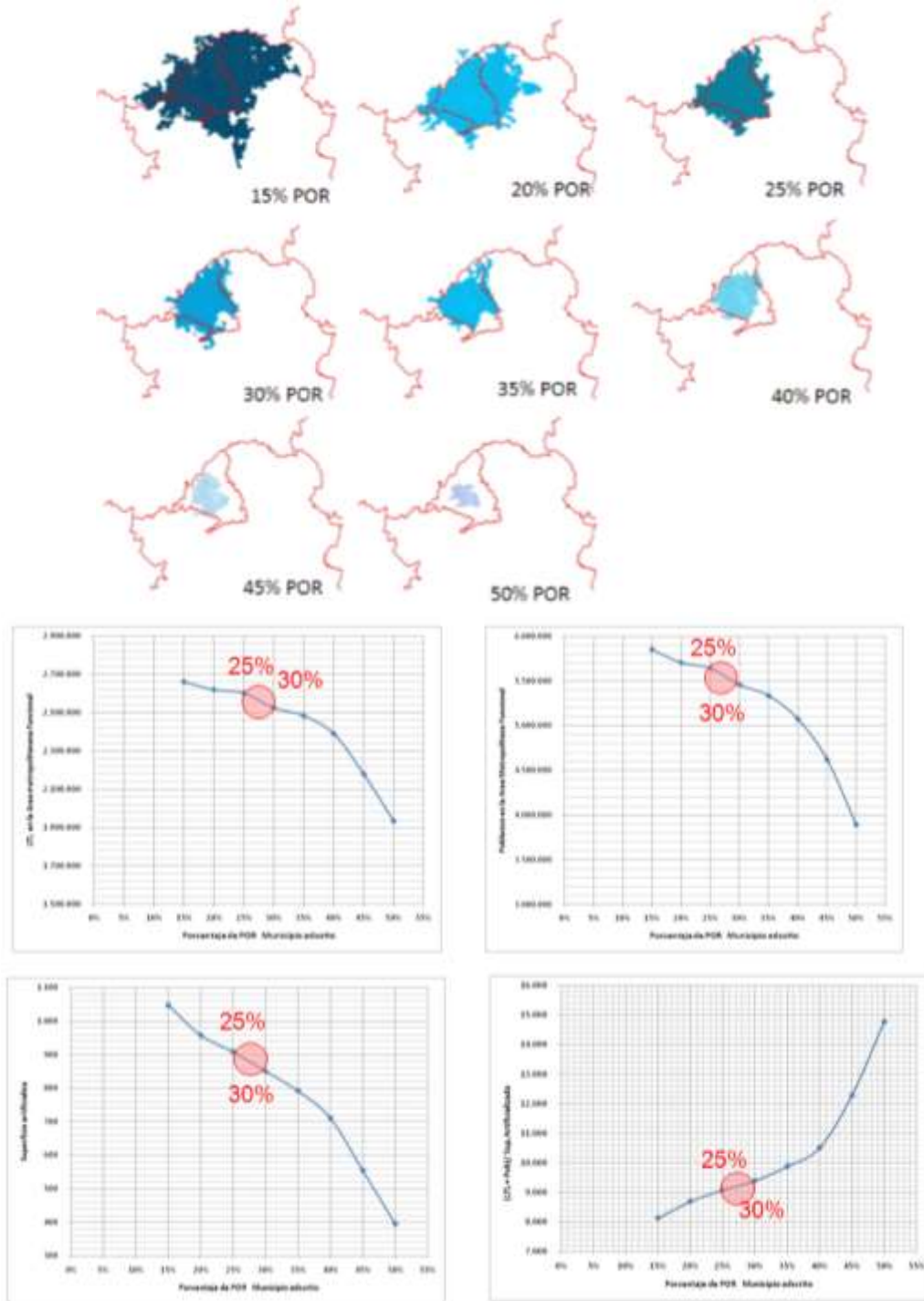
En síntesis, el método utilizado en esta investigación se puede resumir en los siguientes pasos:

1. Determinar el municipio central, de la misma forma de Roca (1998).
2. Establecer las coronas, iterando el porcentaje de la POR que es enviado al núcleo central o corona anterior en rangos de 5%(por ejemplo, partiendo del 15%, se itera y obtiene una corona de cuatro iteraciones, después de repite el procedimiento para el 20% y así sucesivamente hasta llegar al municipio central o hasta el 50% de la POR). Nótese que cuanto más alto es el porcentaje de la POR, más restrictiva es la inclusión de los municipios al área metropolitana y por consiguiente es de menor tamaño.
3. Se definen sistemas metropolitanos funcionales, donde se calcula para cada área metropolitana la cantidad de LTL, población residente, cantidad de suelo artificializado (CORINE) y las densidades de trabajadores y población. Estos resultados se comparan para establecer donde se producen los mayores cambios, eligiéndose ese rango para realizar nuevas iteraciones, con una precisión en este caso no del 5% sino del 1% de la POR enviada al núcleo central o corona anterior (figura 2).
4. Se Iteran de la misma forma que antes (4 veces cada porcentaje y con el porcentaje variable), solamente que en rangos de un 1% de variación de la POR, en los rangos donde existió mayor cambio en las variables, definiéndose nuevos sistemas metropolitanos. Y nuevamente se comparan los nuevos sistemas metropolitanos delimitados (figura 3).
5. Se analiza la contigüidad de los municipios, sacando los municipios no contiguos a la región definida como así, la conectividad por carreteras principales.

Por ejemplo, en Madrid, como se muestra en la figuras 2, 3 y 4, se observa el corte de porcentaje de POR en el 25%, dado que en este punto existe una inflexión, es decir, que a partir de dicho punto la inclusión de más municipios tiene una aportación marginal a la superficie de suelo urbanizada, población y empleo, y por tanto, su inclusión en la FUR no queda justificada.

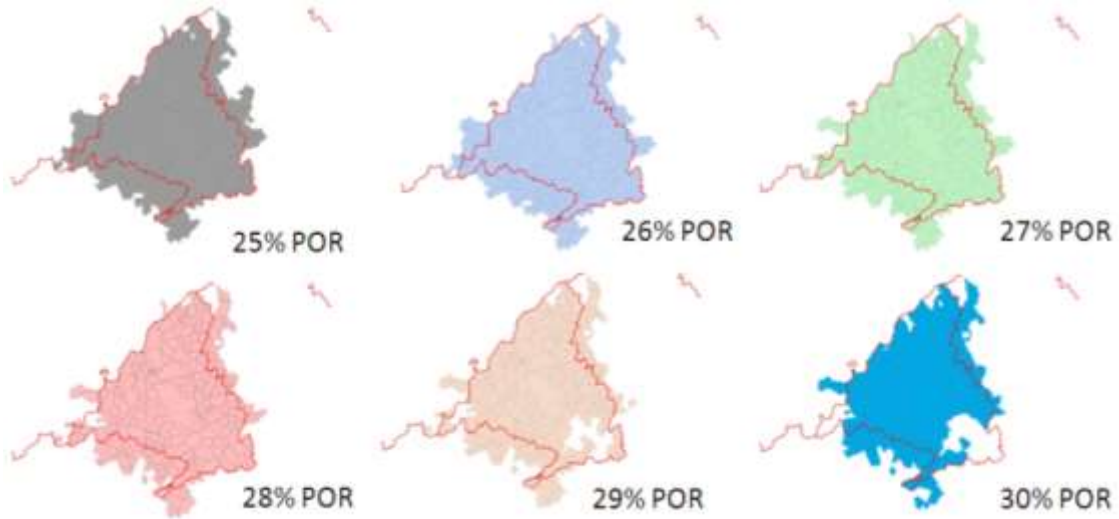


Figura 2  
Ejemplo delimitación del Área Funcional de Madrid.



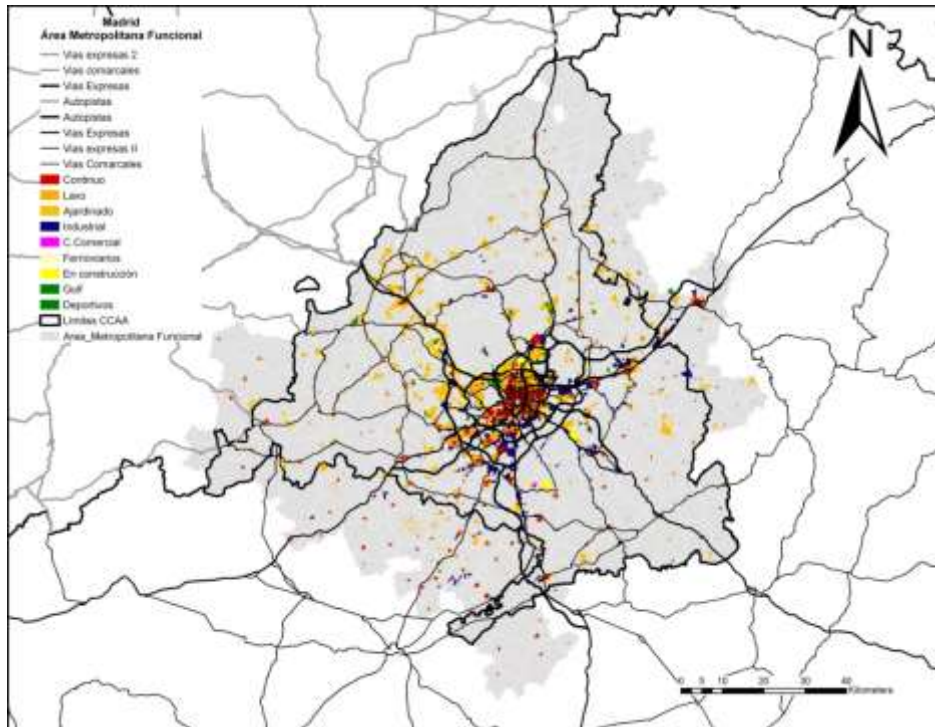
Fuente: Elaboración propia en base a datos de INE.

Figura 3  
Ejemplo delimitación del Área Funcional de Madrid



Fuente: Elaboración propia en base a datos de INE.

Figura 4  
Área Funcional de Madrid vinculación  
del 25% de la POR, en cuatro iteraciones, continua y conectada



Fuente: Elaboración propia en base a datos de INE, Corine y tele atlas

## 2.2 Identificación de núcleos de empleo

Una vez establecidas las áreas funcionales de las siete metrópolis españolas ya nombradas, se procede a identificar los núcleos de empleo, definidos según la metodología de los “cut off” de identificación de subcentros, en considerando los límites de García López (2007), siendo núcleos los municipios que cuenten con más del 1% de los LTL del área metropolitana funcional, además contar con una densidad superior a la media de ella. Por ejemplo, en Barcelona, para el año 1991, se identifican núcleos que se encuentran por arriba de ambos límites (Figura 4 y tabla 1).

Figura 4

Municipios de Barcelona, según cantidad y densidad de LTL.(1991)

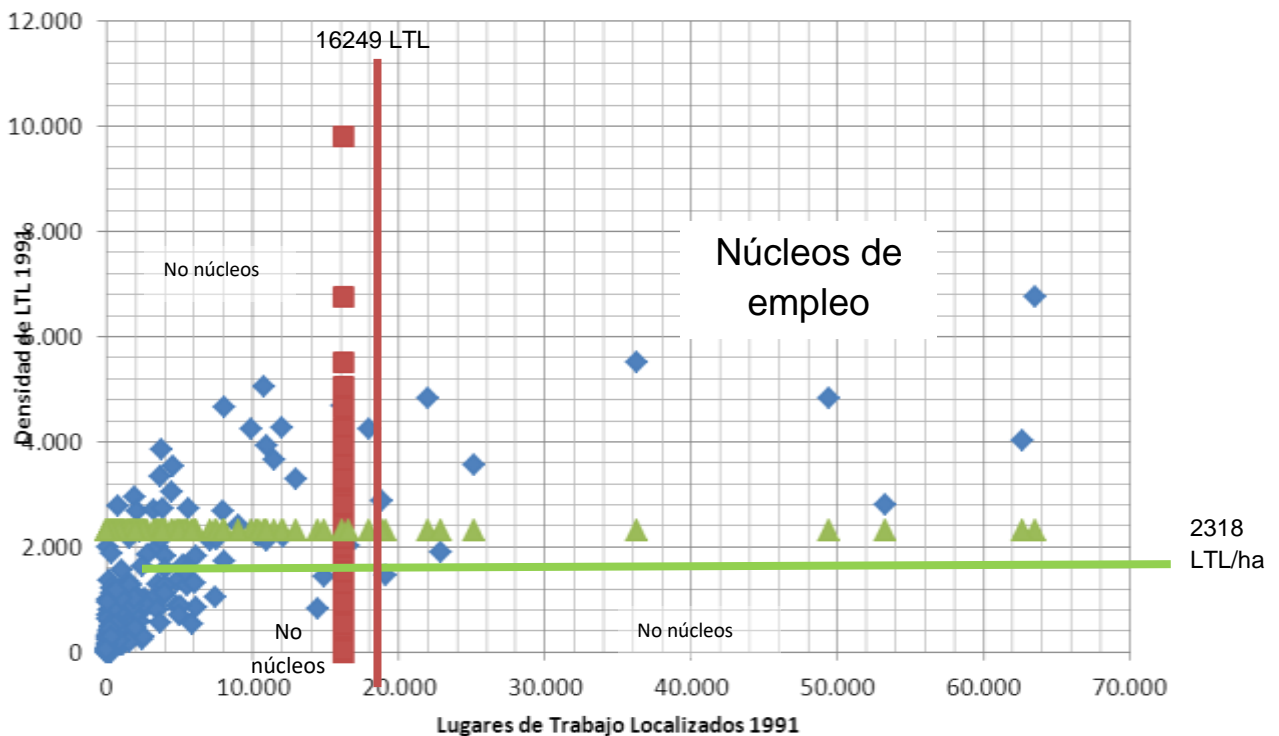


Tabla 1  
Núcleos identificados por “cut off” en Barcelona para 1991

Código INE	Municipio	LTL	Población	Superficie	Densidad de LTL
08015	Badalona	49464	218725	10,26	4821
08073	Cornellà de Llobregat	22014	84927	4,57	4817
08096	Granollers	25115	51873	7,08	3547
08101	Hospitalet de Llobregat (L')	63552	272578	9,40	6761
08121	Mataró	36305	101510	6,59	5509
08187	Sabadell	62641	189404	15,59	4018
08200	Sant Boi de Llobregat	18817	77932	6,52	2886
08245	Santa Coloma de Gramenet	17930	133138	4,23	4239
08279	Terrassa	53316	158063	18,96	2812
08019	Barcelona	761165	1643542	77,69	9797

Fuente: Elaboración propia en base a INE

Se repite el procedimiento para las distintas áreas metropolitanas funcionales, estableciendo los núcleos de empleo. Sin embargo, por problemas de información, no se ha podido calcular los LTL del año 1991, para las AMF de Madrid, ya que no existe dicha información, como asimismo, no existe de la AMF de Zaragoza. Los resultados se muestran en las tablas 2 y 3.

Tabla 2  
Cantidad de núcleos identificados por “cut off” en las metrópolis estudiadas, Año 2001

Nombre	Cantidad Municipios	Núcleos de empleo
Barcelona	223	11
Bilbao	70	5
Madrid	255	9
Málaga	24	2
Sevilla	60	4
Valencia	101	10
Zaragoza	25	1

Fuente: Elaboración propia en base a INE

Tabla 3

Cantidad de núcleos de empleo identificados por “cut off” en las metrópolis estudiadas,  
Año 1991

Nombre	Cantidad	
	Municipios	Núcleos de empleo
Barcelona	223	10
Bilbao	70	6
Málaga	24	2
Sevilla	60	1
Valencia	101	8

Fuente: Elaboración propia en base a INE

Tabla 4

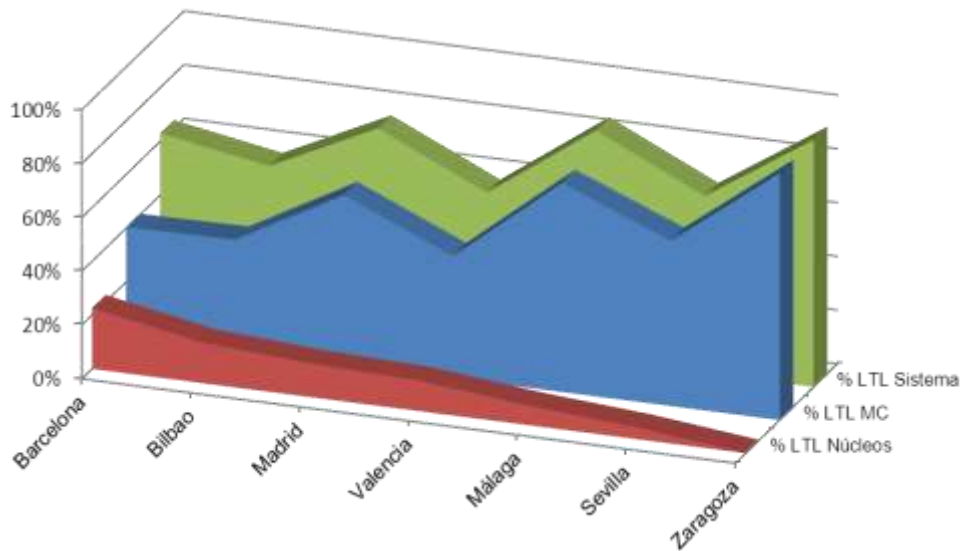
Cantidad de núcleos identificados por “cut off” en las metrópolis estudiadas,  
Año 2001

Nombre	Cantidad Municipios	Cantidad Núcleos	LTL AMF	LTL Municipio central (1)	LTL Núcleos (2)	LTL MC + N (1)+(2)	% LTL MC	% LTL Núcleos	% LTL MC + N
Barcelona	223	10	2.035.290	823.952	460198	1.284.150	40%	23%	63%
Madrid	255	9	2.602.246	1.635.139	324397	1.959.536	63%	12%	75%
Bilbao	82	5	396.255	162.416	59815	222.231	41%	15%	56%
Zaragoza	25	0	277.777	255.199	0	255.199	92%	0%	92%
Málaga	24	1	258.112	200.777	18684	219.461	78%	7%	85%
Valencia	141	8	715.451	324.043	80993	405.036	45%	11%	57%
Sevilla	60	3	482.974	296.861	21080	317.941	61%	4%	66%

Fuente: Elaboración propia en base a INE

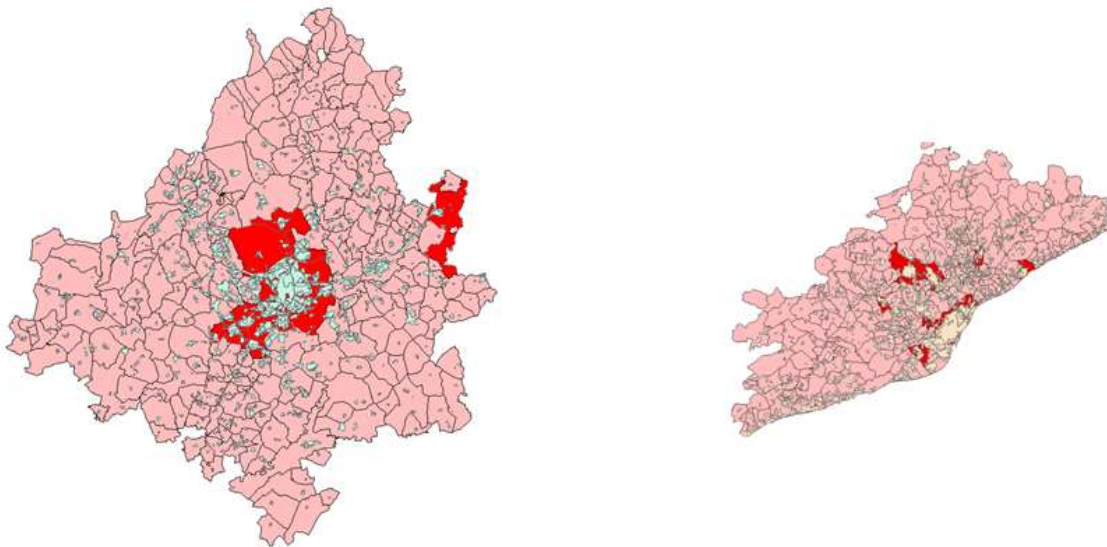
Al analizar los indicadores de LTL 2001 para los municipios de centrales, el total de la AMF, figura 5, se observa el peso relativo del municipio central y de los núcleos en el total del sistema. En ese sentido, Zaragoza, que no presenta ningún núcleo en su AMF, concentra en su municipio de cabecera casi el 100% de los trabajadores, al contrario de Barcelona, Bilbao, Madrid y Valencia donde los núcleos cuentan con más del 10% de los trabajadores del sistema. Al especializar la información, se observa que muchos de los núcleos en estas metrópolis, (por ejemplo, Barcelona y Madrid, en la figura 6) se encuentran próximos a los municipios de centrales, por lo cual cabe la duda si son efectivamente entidades diferentes o son parte la conurbación o continuo urbano del municipio central.

Figura 5  
Cantidad de LTL en la AMF y en municipios cabecera  
por cada AMF estudiada en el año 2001



Fuente: Elaboración propia en base a INE

Figura 6  
Mapa de Núcleos en las AMF de Madrid y Barcelona



Fuente: Elaboración propia en base a INE

### **2.3 Determinación de los continuos urbanos**

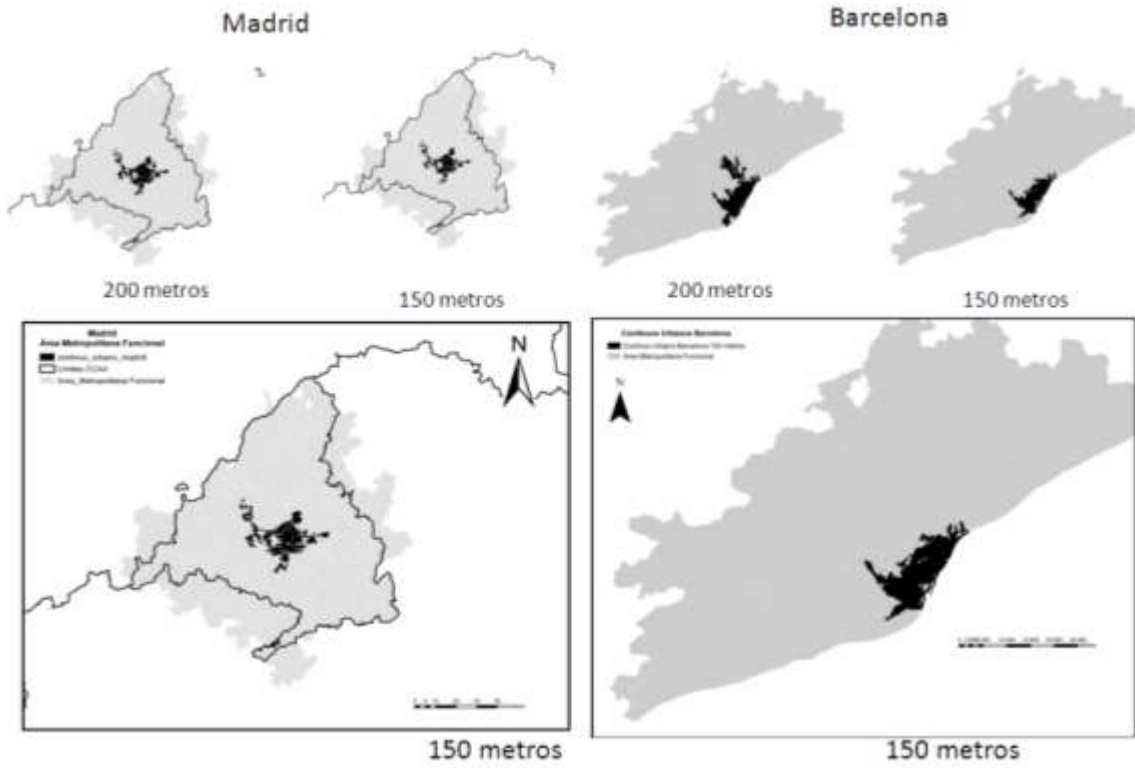
Dada la proximidad de los núcleos identificados al municipio central, resulta necesario establecer los continuos urbanos que rodean a los municipios centrales, para así diferenciar los núcleos que están efectivamente fuera de él. Para identificar estos continuos urbanos, se tomaron los polígonos de suelo artificializado del Corine Land Cover, en su código 1 (superficie artificializada), para los años 1990 y 2000, los cuales se trataron de la siguiente forma:

- 1.- Se construyó una base gráfica con los usos urbanos, eliminando las carreteras, y manteniendo cuidado con los parques, infraestructuras (aeropuertos civiles y militares) y áreas verdes que no generan contigüidad, o que efectivamente contribuyan al continuo urbano.
  
- 2.- Se establecen las continuidades en rangos desde 50 hasta los 200 metros, partiendo de la definición del censo americano.
  
- 3.- Se identifica la zona artificializada continua desde el municipio central de la AMF.
- 4.- Se analizan los resultados observando la continuidad de las nuevas áreas, e identificando irregularidades respecto a la realidad, contrastando con una foto aérea del mismo periodo (2001 y 1991, cuando exista (Mediante Google Earth, por ejemplo).
  
- 5.- Se establece en criterio asignar el municipio al continuo, este debe contar a lo menos con un 50% de su superficie artificializada en continuidad con el municipio central.

A nivel de ejemplo, se muestran los continuos para 150 y 200 metros en el caso de Madrid y Barcelona (figura 6). En la figura 7, se muestran los resultados de para las 7 AMF en estudio. Lo que permite clasificar los núcleos dada su ubicación fuera del continuo o fuera de él. Así se presenta una primera aproximación al policentrismo de cada área metropolitana.

Figura 6

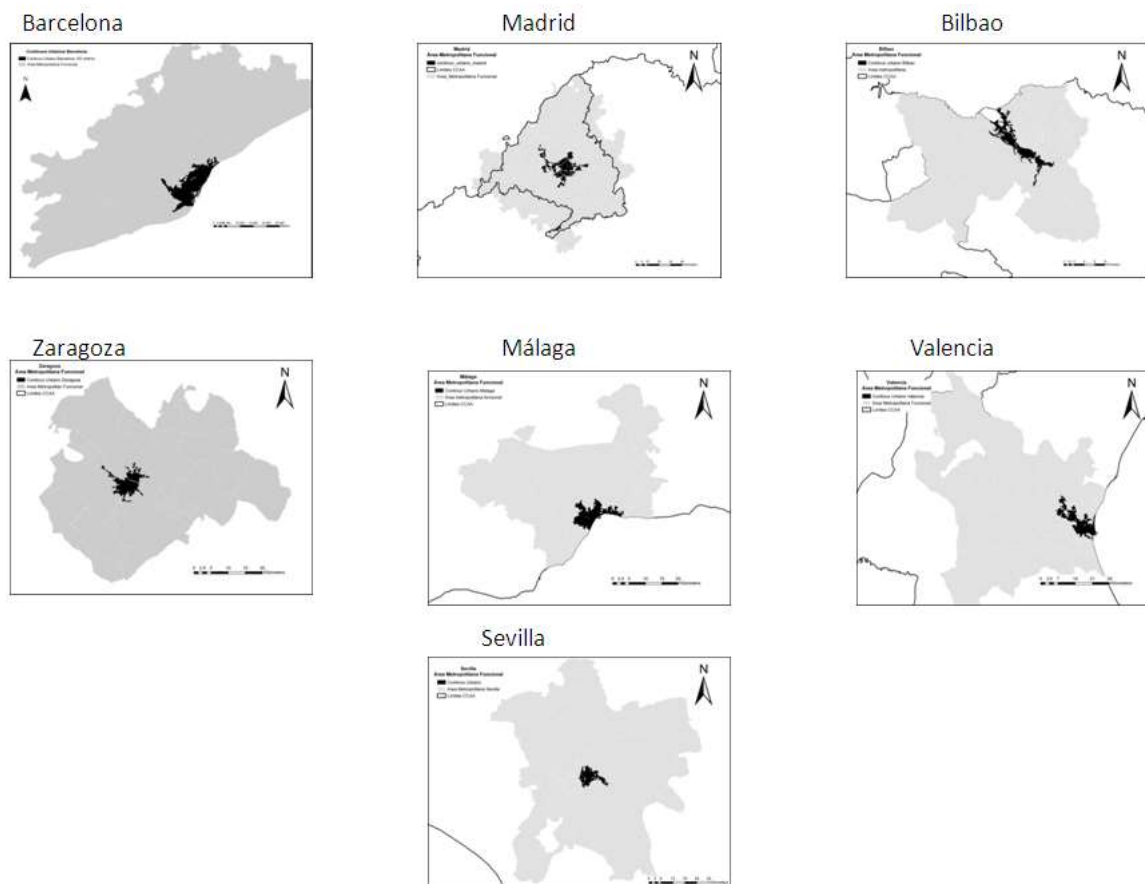
Continuos identificados según morfología, distancia entre superficie artificializada para Barcelona y Madrid



Fuente: elaboración propia en base a Corine Land Cover.



Figura 7  
Continuos urbanos para las diferentes áreas metropolitanas



Fuente: elaboración propia con base en los datos del Corine Land Cover.

### 3. Resultados y discusión

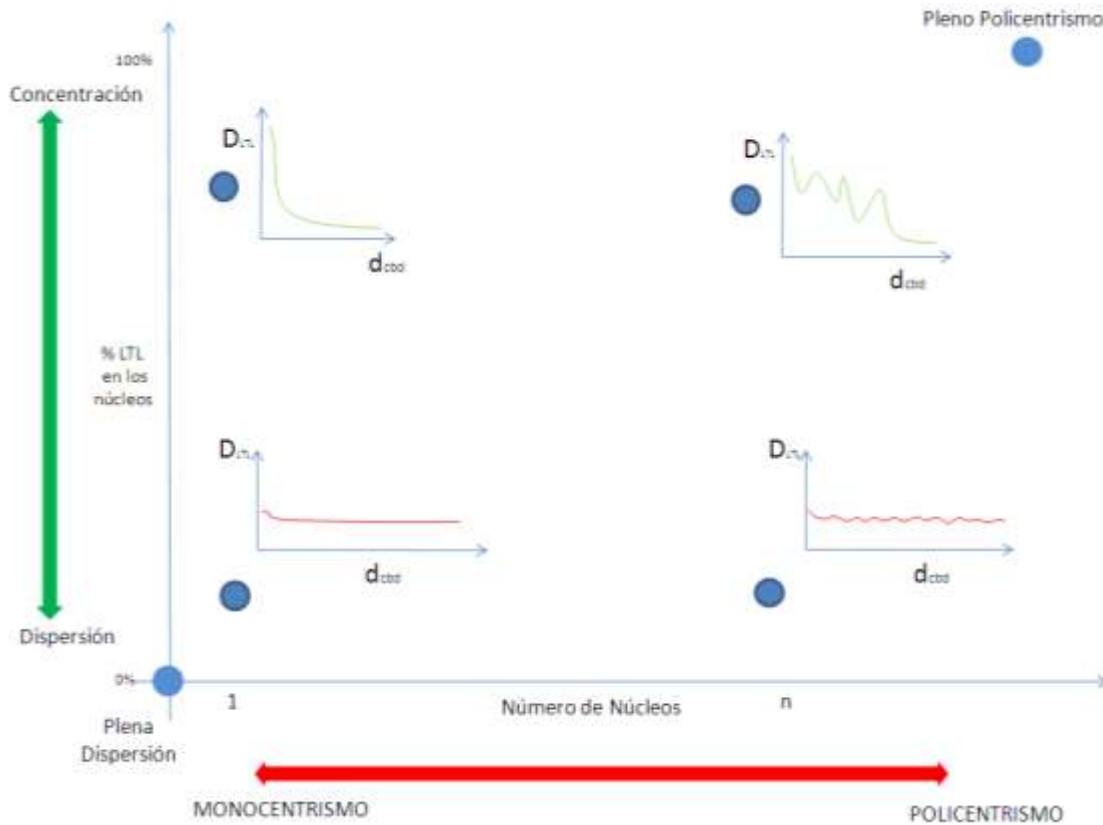
#### 3.1 Resultados por área metropolitana funcional

Los principales resultados sobre el policentrismo de las AMF españolas se puede establecer una categoría de núcleos fuera del continuo del municipio central, lo que podrían asemejarse a los definidos en la literatura como subcentros, presentando una lógica de policentrismo. Es por eso que el marco de análisis se expresa en la figura 8, donde se muestra hipotéticamente un espacio coordinado donde cada AMF tiene como coordenadas, el número de núcleos y el porcentaje de los LTL del sistema de núcleos más el municipio central sobre el total del sistema. En ese sentido, cuanto mayor es el número de núcleos de LTL más policéntrica debe ser el AMF.

En la coordenada de máximos centros y máximos porcentajes en los núcleos, se posiciona el hipotético pleno policentrismo, al igual que en mínimo de ambos ejes, donde estaría la

hipotética Plena Dispersión. En términos intermedios, podemos encontrar áreas metropolitanas con diferentes perfiles de densidad como se presentan en la figura 8. Con este marco conceptual se han posicionado las AMF en estudio y se analiza su evolución en el periodo 1991-2001.

Figura 8  
Modelo conceptual



Fuente: Elaboración propia en base

En el año 2001, (tabla 5 y figura 8 Cabe destacar que en la figura 8, el diámetro de la esfera representa el porcentaje de LTL que se encuentran en el continuo) Barcelona es sin duda una metrópolis policéntrica, y de la misma forma que Valencia y en menor medida Madrid. Sevilla es un caso especial, dado que los municipios que son núcleos y están fuera del continuo, son muy próximos a este, creyéndose que en el futuro pasaran a formar parte del continuo. Por otro lado, Bilbao presenta una concentración importante de trabajadores en su continuo (diámetro de la esfera), con un núcleo fuera de él. En el caso de Zaragoza y Málaga, presenta una realidad prácticamente monocéntrica, ya que está concentrado en 2 núcleos (Málaga y otro núcleo en el continuo central) y 1 Núcleo (Zaragoza, que es el municipio central).

Para el año 1991, (tabla 6 y figura 9, Cabe destacar que en la figura 9, el diámetro de la esfera representa el porcentaje de LTL que se encuentran en el continuo), Barcelona era la AMF más policéntrica, seguida por Valencia y Bilbao. Málaga y Sevilla, al contrario eran AMF monocéntricas.

Tabla 5

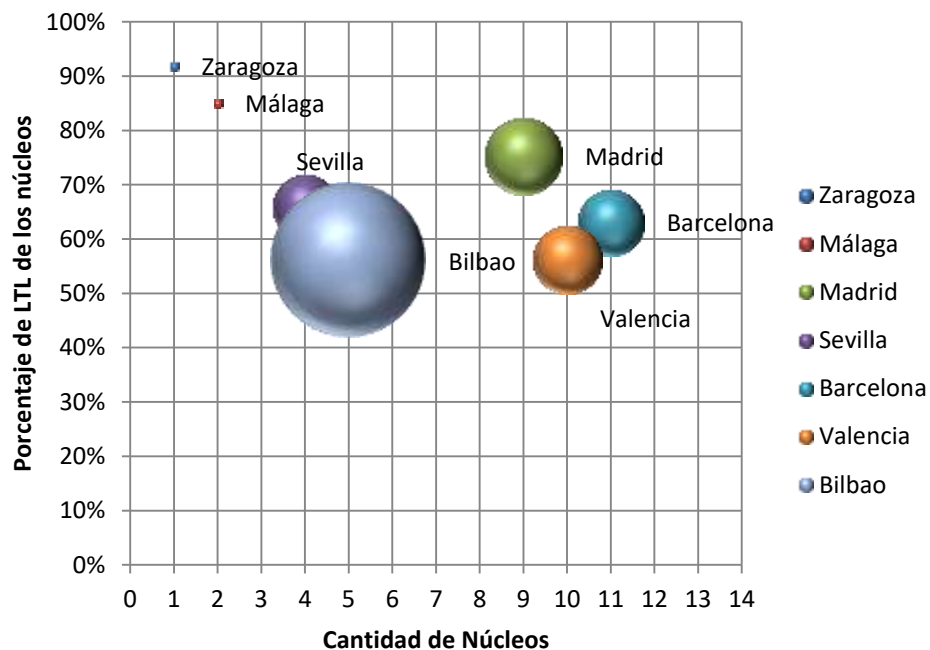
Cantidad de núcleos identificados por “cut off” en las metrópolis estudiadas, Según su ubicación en la AMF, Año 2001

	Total Núcleos	Núcleos en el continuo	No núcleos en el continuo	Núcleos fuera de continuo	Resto AMF
Barcelona	11	5	7	6	205
Madrid	9	3	6	6	246
Bilbao	5	4	14	1	51
Málaga	2	1	0	1	22
Valencia	10	5	6	5	85
Zaragoza	1	0	0	24	25
Sevilla	4	1	1	3	55

Fuente: Elaboración propia en base a INE

Figura 9

Propuesta de análisis de policentrismo para 7 AMF españolas, para 2001.



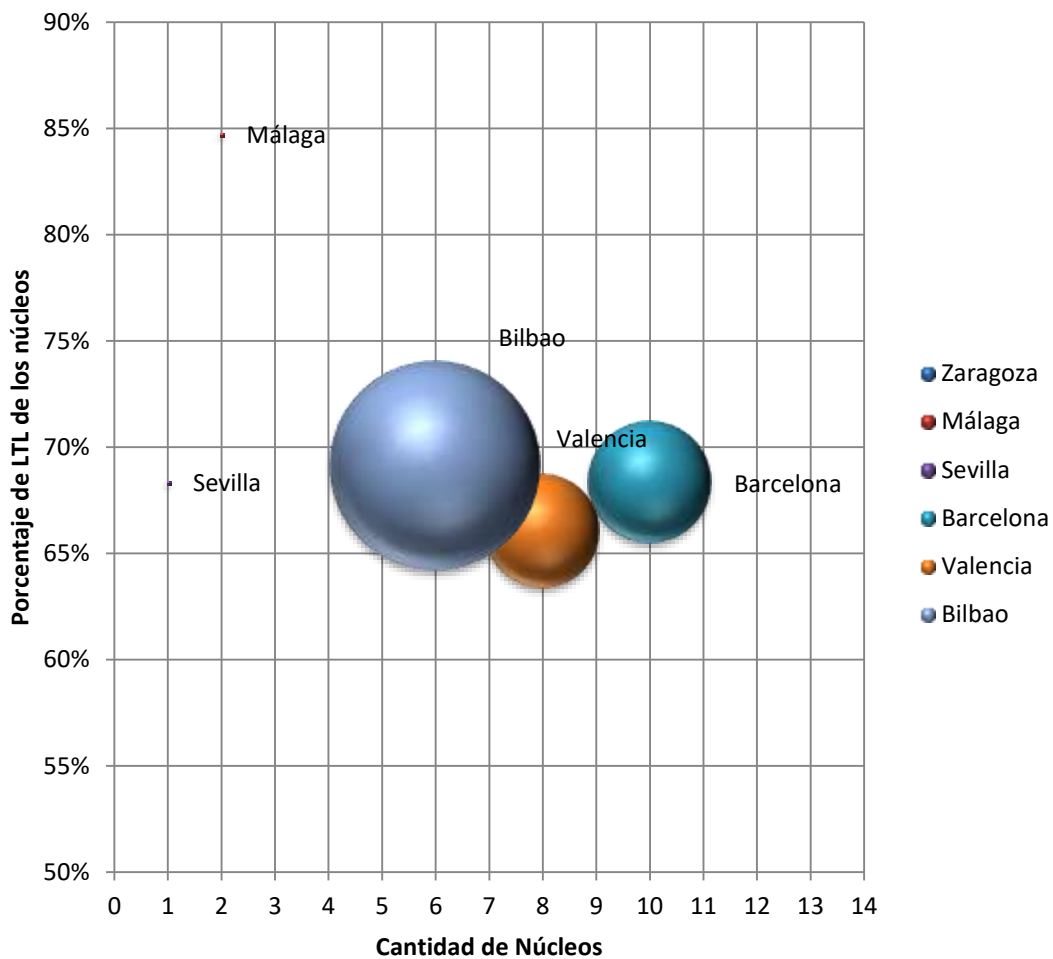
Fuente: Elaboración propia en base a INE

Tabla 6  
 Cantidad de núcleos identificados por “cut off” en las metrópolis estudiadas,  
 según su ubicación en la AMF, Año 1991

	Total Núcleos	Núcleos en el continuo	No núcleos en el continuo	Núcleos fuera de continuo	Resto AMF
Barcelona	10	5	11	5	202
Bilbao	6	6	12	0	52
Málaga	2	1	0	1	0
Valencia	8	4	6	4	87
Sevilla	1	1	0	0	59

Fuente: Elaboración propia en base a INE

Figura 10  
 Propuesta de análisis de policentrismo para 7 AMF españolas, para 1991.

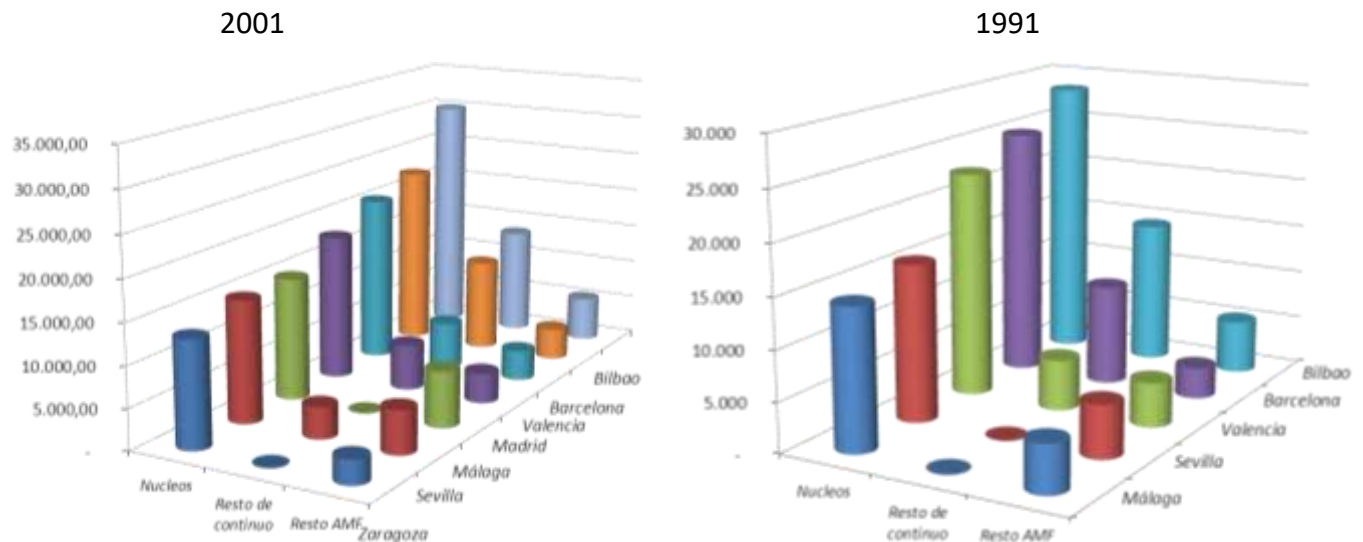


Fuente: Elaboración propia en base a INE

Si analizamos la Densidad de LTL+POR (Marmolejo y Stallbohm, 2008), en la figura 11, se observa que las AMF que se presentan más monocéntricas, existe una densidad por municipio muy baja en el resto de continuo urbano (si es que existe fuera del municipio central) respecto a las AMF más policéntricas. Además, no se observa un cambio significativo en el periodo.

Figura 11

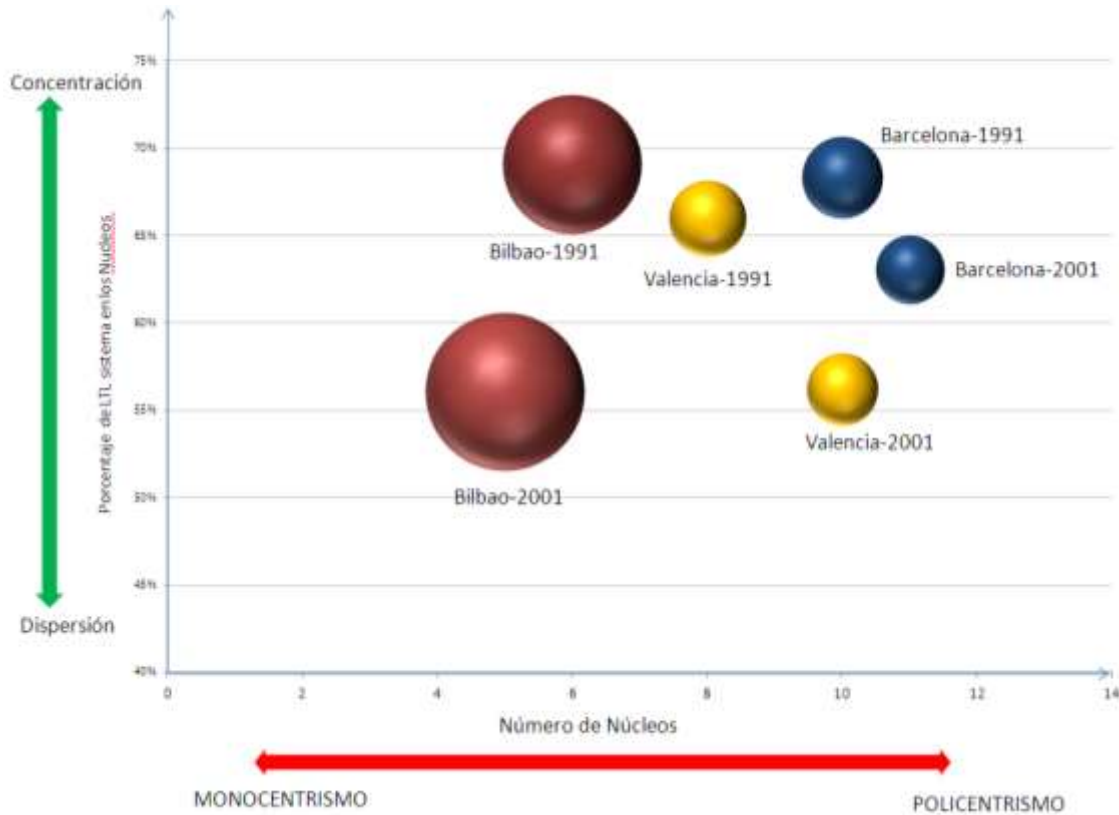
Densidad de LTL + POR en los diferentes puntos de las AMF para 2001 y 1991



Fuente: Elaboración propia en base a INE

Si se analiza el cambio de posición de cada área metropolitana en el periodo 1991-2001 en el plano conceptual dibujado, se puede observar la dinámica hacia el policentrismo, la dispersión o concentración de cada una. En ese sentido, como se ve en la figura 12, existe una evolución hacia la dispersión, pero asimismo al policentrismo en Valencia y Barcelona, mientras que en Bilbao, existe una tendencia a volverse más monocéntrica y concentrada.

Figura 12  
 Modelo conceptual, aplicado a la evolución 1991-2001  
 Barcelona, Valencia y Bilbao.



Fuente: Elaboración propia

### Conclusiones

En este primer producto de la investigación en curso, financiada por el Ministerio de Ciencia e Innovación Español en su plan 2008-2011 “¿Hacia un sistema de metrópolis españolas policéntricas?: Evolución, caracterización e influencia de los subcentros metropolitanos”. Se presenta un método de identificación de áreas metropolitanas funcionales, identificaron núcleos laborales y además se establece un método para la identificación de los continuos urbanos de los municipios centrales.

Para las 7 áreas metropolitanas funcionales definidas, se ha establecido un método de análisis que permite establecer el nivel de policentrismo de cada una de ellas. Para las 3 áreas metropolitanas que presentan cambios en su estructura, Valencia, Barcelona y Bilbao, establece que las dos primeras se han vuelto más policéntricas, pero a la vez más dispersas. Como próximos pasos de la investigación, se identifican tres líneas. La primera determinar las estructuras de ocupación de los núcleos identificados. La segunda es establecer las diferentes zonas de influencia de los núcleos externos, estableciendo algunas diferencias en base a su estructura de ocupación. La tercera es estimar el efecto de los núcleos, según

su tipología de ocupaciones y si están dentro o fuera del continuo urbano del municipio central, sobre los valores inmobiliarios o precios de la vivienda, mediante modelos de precios hedónicos.

#### 4. Bibliografía

- Alonso, W. (1964): *Location and Land Use*. Cambridge, mass., Harvard University Press.
- Anas, A.; Kim, I. (1996): "General Equilibrium Models of Polycentric Urban Land Use with Endogenous Congestion and Job Agglomeration", *Journal of Urban Economics*, 40.
- Anas, A.; Arnot, R.; Small, K.A. (1998): "Urban spatial structure". *Journal of Economic Literature*, Vol. XXXVI, pp. 1426-1464.
- Anderson, N.B. & Bogart, W.T. (2001): "The Structure of Sprawl. Identifying and Characterizing Employment Centers in Polycentric Metropolitan Areas", *Journal of Economics and Sociology*, 60, pp. 147-169.
- Baumont, M.(2004) "Spatial analysis of employment and population density: The case of agglomeration of Dijon, 1999", *Geographical Analyst*, 36, pp 146-176
- Batten, D. (1995) "Network cities: Creative Urban Agglomerations for the 21st Century" *Urban Studies*, Vol 32, nº 2, pp. 313-327.
- Bertaud, A. (2002) "The Spatial Organization of Cities: Deliberate Outcome or Unforeseen Consequence?" *World Development Report, Dynamic Development in a Sustainable World*. Background Paper
- Berry, B.J.L; Garrison, W.(1958):" The Functional Bases of The Central-Place Hierarchy" , *Economic Geography*, Abril, pp: 145-154.
- Bogart, W.T. ; Ferry, W.C. (1999): "Employment Centres in Greater Cleveland: Evidence of Evolution in a Formerly Monocentric City", *Urban Studies*, 36, pp. 2099-2110.
- Bourne, L. S. (1989): "Are new urban forms emerging? Empirical tests for Canadian urban areas", *The Canadian Geographer*, 4, pp. 312–328..
- Burns, M.; Moix, M.; Roca, J. (2001): "Contrasting Indications of Polycentrism within Spain's Metropolitan Urban Regions", paper for the Eighth European Estate Society Conference, Alicante, June 26-29.
- Brochet, J.R.(1963); "The Urbanisation of the Upper Midwest" *Mineapolis, Upper Midwest Economic Study, Urban Report N°2*
- Camagi, R. (2005),"Economía Urbana" 1era Edición, en castellano, Anthony Bosch Editores, Barcelona.
- Cervero, R.; Wu, K-L. (1997): "Polycentrims, Commuting and Residential Location in the San Francisco Bay Area", *Environment and Planning A*, 29, pp. 865-886.
- Cerda. J.; Marmolejo: C. "De la Accesibilidad a la Funcionalidad del territorio: una nueva dimensión para entender la estructura y el crecimiento urbano residencial de las áreas

metropolitanas de Santiago (Chile) y Barcelona (España)", EURE, Revista Latinoamericana de Estudios Urbano Regionales. (forthcoming).

Coombes, M.; Openshaws, S. (1982): "The use and definition of travel-to-work areas in Great Britain: some comments", *Regional Studies*, 16, 141–149

Craig, S.G.; NG, P.T. (2001) Using Quantile Smoothing Splines to Identify Employment Subcentres in a Multicentric Urban Area, *Journal of Urban Economics*, 49, pp. 100-120.

CPSV(2005),"La Caracterización Funcional del Área Metropolitana de Madrid"; Documento de trabajo. Centro de Política d Suelo y Valoraciones, Sin editar.

CPSV(2009): "Influencia de los Subcentros de empleo sobre los valores residenciales: Un análisis de la región Metropolitana de Barcelona", Working paper, Centro de Política de Suelos y valoraciones, Universidad Politécnica de Cataluña,( En preparación)

Christaller, W.(1933) *Die Zentralen Orte in Suddeutschland*", Gustav Fischer Verlag,Jena ; trad. It: *le località centrali della Germania meridionale*,Milán,1981.

Dale-Johnson, D.; Brzeski,W.(2001); "Spatial Regression Analysis of Comercial Land Prices Gradients".Working Paper.2001-1008.USC LUSK Center of Real Estates, University of Southern California.

Fujita, M. (1988): "A Monopolistic Competition Model of Spatial Agglomeration: Differentiated Products Approach", *Regional Science & Urban Economics*, 18, pp. 87-124.

Fujita, M.; Krugman, P, Venables, P.(2000), "Economía Espacial, Las ciudades, las regiones y comercio internacional", 1era Edición, Ariel Economía, Barcelona

Fujita, M.; Mori, T. (1997): "Structural Stability and Evolution of Urban Systems", *Regional Science and Urban Economics*, 27, pp. 399-442.

Fujita, M.; Ogawa, H. (1982): "Multiple Equilibria and Structural Transition of Non-Monocentric Urban Configurations". *Regional Science and Urban Economics*, 12, pp. 161-196.

García-López, M.A. (2007): "Estructura Espacial del Empleo y Economías de Aglomeración: El Caso de la Industria de la Región Metropolitana de Barcelona", *Architecture, City & Environment*, 4, pp. 519-553.

Gareau,J:(1991) "Edge City: Life in the New Frontier",Doubleday, New York, 1 edición.

Giuliano, G.; Small, K.A. (1991): " Subcenters in Los Angeles Region", *Regional Science and Urban Economics*, 21, 163-182.

Gordon, P; Richardson, H.W.(1996) "Beyond Polycentricity. The Dispersed Metropolis, Los Angeles, 1970-1990" *Journal of the American Planning Association*, Vol 62, nº 3, pp. 289-295

Gordon, P., Richardson, H.W. & Wong, H.L. (1986): "The distribution of population and employment in a polycentric city: the Case of Los Angeles", *Environment and Planning A*, 18, pp. 161-173.



- Guilliam, R; J.L. De Gallo(2004); "The evolution of the spatial structure and sectoral patterns in Ile.De France over 1978-1997, Inedito.
- Hartwick, P.; Hartwick, J. (1974): "Efficient Resource Allocation in a Multi-nucleated City with Intermediate Goods", *Quarterly Journal Economics*, 88, pp. 340-352.
- Henderson, J.V. ; Mitra, A. (1996): "The New Urban Landscape: Developers and Edge Cities", *Regional Science & Urban Economics*, 26, pp. 613-643.
- Heikkila, E., Gordon, P., Kim, J.I., Peiser, B., Richardson, H.W. & Dale-Johnson, D. (1989): "What happened to the CBD-Distance Gradient?: land values in a polycentric city", *Environment and Planning A*, 21, pp. 221-232.
- Hurd,R.(1903):"Principles of city land values", New York, The Record and Guide.
- Krugman, P. (1996): *The Self-Organizing Economy*. Cabridge MA. Blackwell.
- Lösh, A(1954): "The economics of location" New Haven,Yale University Press.
- Marmolejo, C.(2008):" La localización intrametropolitana de las actividades de la información", Libro electrónico, Centro de documentación Fundación CIDOB Aula Barcelona.
- Marmolejo, C.(2009):" Vuelta a la Barcelona Postindustrial: análisis de los riesgos y las oportunidades del urbanismo orientado a la economía del conocimiento, en "La Ciudad del Conocimiento" Universidad Autónoma de Nuevo León; Monterrey, México
- Marmolejo, C.; Gonzalez,C.(2009). "Does noise have a stationary impact on the spatial formation of residencial values: a GWR for Barcelona" ;(forthcoming).
- Marmolejo, C.; Roca, J.(2006) : "Hacia un modelo teórico del comportamiento espacial de las actividades de oficina." *Scripta Nova. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales*. Barcelona: Universidad de Barcelona, 15 de julio de 2006, vol. X, núm. 217
- Marmolejo, C.; Roca, J.(2008) : "La localización intrametropolitana de las actividades de la información: un análisis para la Región Metropolitana de Barcelona 1991-2001 ". *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias sociales*. Barcelona: Universidad de Barcelona, vol. XII, núm. 268.
- Marmolejo, C.; Stallbohm,M.(2008). "En contra de la ciudad fragmentada: ¿hacia un cambio de paradigma urbanístico en la Región Metropolitana de Barcelona?." *Diez años de cambios en el Mundo, en la Geografía y en las Ciencias Sociales, 1999-2008. Actas del X Coloquio Internacional de Geocrítica*, Universidad de Barcelona, 26-30 de mayo de 2008.
- McDonald, J.F. (1987): "The Identification of Urban Employment Subcenters", *Journal of Urban Economics*, 21, pp. 242-258.
- McDonald, J.F.; McMillen, D.P. (1990): "Employment Subcenters and Land Values in a Polycentric Urban Area: the Case of Chicago", *Environment and Planning A*, 22, pp. 1561-1574.

- McDonald, J.F; McMillen, D.P.(1998) "Land values, land use, and the first Chicago Zoning Ordinance" *Journal of Real Estate Finance and Economics* Vol. 16, nº 2, pp. 135-150.
- McDonald, J.F.; Prather, P.J. (1994): "Suburban employment centres: The case of Chicago", *Urban Studies*, 31, pp. 201-218.
- McMillen, D.P. (2003) "Identifying Subcentres Using Contiguity Matrices" *Urban Studies* Vol. 40, nº 3, pp. 5769.
- McMillen, D.P. (2001): "Non-Parametric Employment Subcenter Identification", *Journal of Urban Economics*, 50, pp. 448-473.
- McMillen, D.P. (1996): "One Hundred Fifty Years of Land Values in Chicago: A Nonparametric Approach", *Journal of Urban Economics*, 40, pp. 100-124
- McMillen, D.P.; McDonald, J.F. (1997): "A Nonparametric Analysis of Employment Density in a Polycentric City", *Journal of Regional Science*, 37, pp. 591-612.
- Muñiz, I., (2003) "¿Es Barcelona una ciudad policéntrica?"; Working Paper 03.09; Departament de Economia Aplicada; UAB.
- Muñiz,I;Galindo, A.,(2005) "Descentralisation, integration and polycentrism in Barcelona",Working paper,05.12 del departamento de Economia Aplicada Univerddad Autónoma de Barcelona.
- Muth, R. (1969). "Cities and Housing". Chicago: University of Chicago. Chicago, Illinois, Estados Unidos.
- Odland, J. (1978): "The Conditions for Multi-center Cities", *Economic Geography*, 54, pp. 234-244.
- Ogawa, H. & Fujita, M. (1980): "Equilibrium Land Use Patterns In A Nonmonocentric City". *Journal of Regional Science*, 20, pp. 455-476.
- O'Sullivan A. (2007) "Urban Economics" 6ta Edición, Mc graw Hill, Nueva York
- Philbrick. P (1957); "Area Functional organisation in regional geography" *Papers and Proceedings of the Regional Science Association*, 3, pp:87-98
- Trullen, J.. ;Boix, R: (2003) "Barcelona,, Metropolis Policéntrica En Red",Working paper,03.03 del departamento de Economia Aplicada Univerddad Autónoma de Barcelona.
- Redfearn, C.L. (2007): "The Topography of Metropolitan Employment: Identifying Centers of Employment in a Polycentric Urban Area", *Journal of Urban Economics*, 61, pp. 519-561
- Roca,J.(1986) " La estructura de los valores urbanos un análisis técnico empírico". Primera Edicion castellano, Instituto de estudios de la Admnsitracion Local, Madrid.
- Roca,J.; Clusa,J.;Marmolejo, C; (2005):" El Potencial Urbanístic de la Regió Metropolitana de Barcelona"; Ajuntament de Barcelona, Barcelona España
- Roca,J.;Marmolejo, C; Moix,M. (2009) "Urban Structure and Polycentrism: Towards a redefinition of the subcentre concept",*Urban Studies*

- Roca, J.; Marmolejo, C.(2007) :“Dinámicas en la publicación/producción científica urbana: un análisis para las principales ciudades del mundo (1981-2002)”, Ciudad y territorio-- Estudios territoriales [1133-4762] any:2007 vol.:XXXIX\_ núm:151 pàg.:11
- Roca, J.; Moix, M. (2005): “The Interaction Value: Its Scope and Limits as an Instrument for Delimiting Urban Systems”, *Regional Studies*, 39, pp. 359-375.
- Roca, J. et al (2001): “INTERREG-IIC, Estudio prospectivo del sistema urbano del sudeste europeo. Caracterización territorial y funcional de las áreas metropolitanas españolas” Informe final, Noviembre.
- Roca, J.;Burns, M.; et al(2003) “INTERREG-IIB, Estudio prospectivo del sistema urbano del sudeste europeo.” Informe final.
- Ruiz,M.;Marmolejo, C.:(2008) “Hacia Una Metodología Para La Detección De Subcentros Comerciales: Un Análisis Para Barcelona y su Área Metropolitana”, ACE: Arquitectura, Ciudad y Entorno, Año III,Num 8, pp. 199-217.
- Sacristán, I.; Roca J.(2007) "Ciudad ensimismada, islarios defensivos frente a la otredad". ACE: Arquitectura, Ciudad y Entorno, Año II núm. 5. pp :599-610
- Silvestro, J.M.; Roca, J.(2007). "La ciudad como lugar". ACE: Arquitectura, Ciudad y Entorno, Año II núm. 3. pp:400-411
- Small, K. A. & Song, S. (1994): “Population and employment densities: structure and change”, *Journal of Urban Economics*, 36, pp. 292–313
- SOMEA(1973):“Atlante economico commerciale dellee regioni d’italia” Roma, Istituto dell’Enciclopedia Italiana
- SOMEA(1987): “Atlante economico commerciale dellee regioni d’italia” Roma, Istituto dell’Enciclopedia Italiana
- Shearmur, R.; Coffey, W.J. (2002): “A Tale of Four Cities: Intrametropolitan Employment Distribution in Toronto, Montreal, Vancouver, and Ottawa-Hull, 1981-1996”, *Environment and Planning A*, 34, pp. 575-598.
- Sivitanidou,R.:(1996): "Do Office-Comercial Firms Value Access to Service Employment Centers? A Hedonic Value Analysis Withing Policentric Los Angeles", *Journal of Urban Economics* 40.pp:125-149.
- Song, S. (1992): “Spatial Structure and Urban Commuting”, Working Paper 117, University of California Transportation Center, Berkeley CA.
- Song, S. (1994): “Modelling Worker Residence Distribution in the Los Angeles Region”, *Urban Studies* 31, pp. 1533-1544.
- Schwartz, A;(1992) “Corporate Service in Linkages in Large Metropolitan Areas :A Study of New York, Los Angeles, and Chicago.” *Urban Affairs Quarterly* 28, pp 276-296.

Von Boventer, E. (1976): "Transportation Costs, Accessibility and Agglomerations Economies: Centers, Subcenters and Metropolitan Structure", Papers of Regional Science Association, 37, pp. 167-184.

Von Thünen, J. (1826): "Der Isoliete in Beziehung auf Landwirtschaft und nationalökonomie". Hamburgo, Puthes.

Webber, M. (1964) "The Urban Place and the Non-Place Urban Realm in 'Explorations into Urban Structure" Philadelphia, University of Pennsylvania Press, 1ª edición.

White, M.J. (1976): "Firm Suburbanization and Urban Subcenters". Journal of Urban Economics, 3, pp. 323

---

Influencia de los subcentros metropolitanos en la estructura de los valores Inmobiliarios y nuevos métodos de identificación

Publicación:	Revisión metodológica de la delimitación metropolitana: un análisis para el sistema metropolitano español	
Código	C7	
Autor	Marmolejo Duarte, Carlos Ramiro; Pérez, Claudia; Chica Mejía, Juan Eduardo; Masip Tresserra, Jaume; Aguirre Núñez, Carlos Andrés;	
Año	2011	
Consideraciones		Virtual cities and territories. "International Conference Virtual City and Territory (7è: 2011: Lisboa) p. 89-9

# Revisión metodológica de la delimitación metropolitana

Un análisis para el sistema metropolitano español

**Carlos MARMOLEJO<sup>1</sup>; Claudia PÉREZ<sup>2</sup>; Eduardo CHICA<sup>3</sup>; Jaume MASIP<sup>4</sup> y Carlos AGUIRRE<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Profesor lector, Centro de Política de Suelos y Valoraciones, Universidad Politécnica de Catalunya UPC. Av. Diagonal 649, 08028, España 00+34+914054385  
carlos.marmolejo@upc.edu

PhD© en Gestión y Valoración Urbana y Arquitectónica, UPC

<sup>2</sup>claudia.beatriz.perez@upc.edu, <sup>3</sup>juan.eduardo.chica@upc.edu, <sup>4</sup>jaume.masip@upc.edu, <sup>5</sup>carlos.aguirre@upc.edu

**Palabras claves:** áreas metropolitanas, metodologías de delimitación funcional, áreas metropolitanas españolas

## Introducción

Esta comunicación forma parte de un proyecto de investigación mayor, cuyo objetivo es verificar hasta qué punto en las 7 principales áreas metropolitanas españolas (Madrid, Barcelona, Valencia, Bilbao, Sevilla, Málaga y Zaragoza) se está generando un sistema policéntrico, así como estudiar la influencia de los mismos sobre algunos indicadores de la eficiencia de la urbanización, como la movilidad, el consumo del suelo y la renta del suelo. Para ello, es imprescindible realizar una delimitación y definir el ámbito de estudio. En esta comunicación se muestran los avances realizados en tal sentido, a través de los siguientes objetivos: 1) Se hace una revisión de las principales metodologías de delimitación funcional utilizadas por la literatura especializada y sus aplicaciones en las 7 áreas metropolitanas en estudio, 2) se detalla las características de la metodología finalmente adoptada para este estudio, que recoge fundamentalmente los aportes de la metodología desarrollada por Roca, Marmolejo & Moix [1] que se basa en el estudio de las relaciones funcionales encontradas en un territorio a partir de las matrices de movilidad por trabajo, 3) Con esta metodología final, se comparan las áreas metropolitanas delimitadas según los siguientes criterios: a) concentración de población y población ocupada residente (POR), b) concentración lugares de trabajo localizado (LTL) y c) consumo de suelo urbano.

El documento está organizado de la siguiente forma: 1) en primer lugar se aborda conceptualmente la definición de área metropolitana y las metodologías de delimitación, 2) en segundo lugar se exponen las metodologías de delimitación funcional revisadas, 3) en tercer lugar se explica brevemente la metodología que se utilizará para la delimitación de las áreas metropolitanas en estudio, 4) y finalmente se presentan los primeros resultados y conclusiones obtenidas, en materia de la caracterización de las áreas estudiadas.

## **El concepto de Área Metropolitana y las metodologías de delimitación**

Desde una perspectiva histórica, una de las principales referencias en la definición y delimitación de las áreas metropolitanas corresponden a los trabajos de la oficina Federal del Censo de Estados Unidos. Sus trabajos se centraron inicialmente en la definición de áreas metropolitanas desde criterios morfológicos y demográficos. En 1940, a partir de la redefinición de los Distritos Metropolitanos, se asumió como criterios la existencia de una ciudad central de más de 50.000 habitantes y un conjunto de poblaciones menores contiguas, localizadas en su área de influencia con una densidad poblacional superior a 150 habitantes por milla cuadrada. Más tarde, en 1950, esta definición incorporó criterios económicos, situando en la composición del empleo, que debería ser de 2/3 de la población ocupada en actividades no agrícolas, el criterio más determinante para considerar el carácter metropolitano de la población [2].

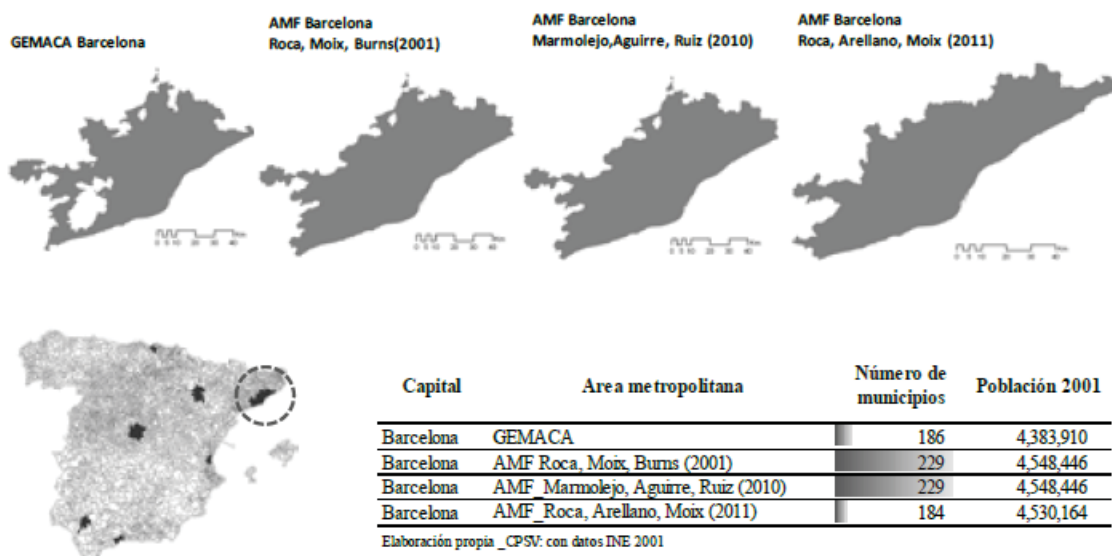
A partir de esta definición, puede diferenciarse los dos más importantes atributos que caracterizan las áreas metropolitanas: su contigüidad geográfica y su valor como área funcional. Este último atributo hace referencia especialmente a la integración económica, reflejada en los desplazamientos diarios que hacen los habitantes para entre lugar de residencia y lugar de trabajo, sí como en el acceso a servicios. La existencia de un área metropolitana implica por tanto la presencia de una ciudad central donde se encuentran las funciones más importantes y generalmente más especializadas; un conjunto de núcleos urbanos más pequeños, con un menor grado de especialización funcional que la ciudad central y unas relaciones de interdependencia económica y en el acceso a servicios entre estos dos ámbitos.

Las principales metodologías desarrolladas en las últimas décadas, en la literatura especializada, se pueden clasificar en cuatro tipos: 1) las metodologías centradas en la definición *morfológica* de la ciudad, que corresponde a uno de los primeros criterios utilizados, están relacionada con las diferencias existentes entre el espacio urbanizado y construido y el resto del territorio, 2) las *delimitaciones demográficas*, en complemento a los criterios netamente morfológicos, y como un instrumento de diferenciación entre las urbanizaciones y el entorno rural, 3) las delimitaciones basadas en criterios relacionados con la *estructura económica*, en cuanto a producción, intercambio y consumo de bienes y servicios, 4) finalmente, las metodologías de las *delimitaciones funcionales* que son aquellas que se refieren a las relaciones que ejercen las personas, los hogares y las empresas, en el uso del territorio [2].

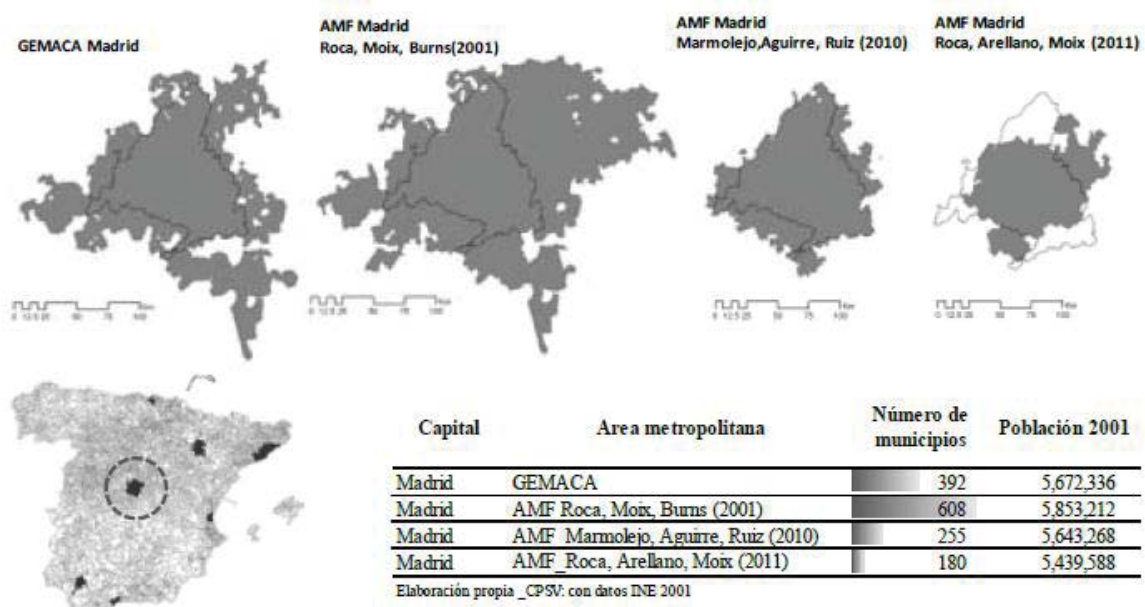
### **Revisión de metodologías funcionales de delimitación**

En cuanto a la delimitación de la ciudad funcional (área metropolitana funcional, AMF, para efectos del presente estudio), en la literatura podemos encontrar diferentes aproximaciones metodológicas que tienen como objetivo común: identificar los municipios que presentan una relación intrínseca de tradición, comunicación, viajes de trabajo o de compras con miras a delimitar un sistema interrelacionado de municipios. En esta ponencia, se comparan cuatro formas diferentes de identificar la ciudad funcional. Dichas metodologías se aplican a las 7

áreas metropolitanas estudiadas. Como se muestra en el Mapa N°1, la primera de las metodologías, GEMACA [4] nos entrega una ciudad funcional en base a la identificación de núcleos centrales por densidad y continuidad, adscribiendo los municipios que envían a estos núcleos el 10% de la población ocupada residente (POR). La segunda, corresponde a la metodología de Roca, Moix, Burns [5], que en base a un sistema de cuatro iteraciones en el cual un municipio ha de enviar el 15% de su POR al área definida en la iteración anterior, partiendo de un municipio de más de 50.000 habitantes. Como se observa el resultado aumenta la cantidad de municipios adscritos, respecto a GEMACA, pero no aumenta significativamente la cantidad de población ni de trabajadores. La tercera, la metodología de Marmolejo, Aguirre, Ruiz [6], que discute el porcentaje de envío de la POR, mediante un criterio de marginalidad en el aporte de trabajadores y población al total del AMF, determinando el porcentaje de envío de POR que no aporta marginalmente mas trabajadores o población. En los resultados se observa que para la RMB, mantiene el valor del 15% determinado por Roca, et al. Mientras que en Madrid al ser más restrictivo el porcentaje, 26%, baja significativamente la cantidad de municipios, pero no así la población ni los trabajadores localizados. La cuarta, corresponde la propuesta por Roca, Marmolejo & Moix [1], y usada por Roca, Arellano & Moix [3], que permite establecer los sistemas urbanos en base al Valor de Interacción, tomando como límite de interacción entre los sistemas uno por mil para adscribir al último municipio al área metropolitana.







Mapa 1: Áreas metropolitanas de Barcelona y Madrid según diferentes metodologías

Como se observa, las diferentes AMF resultan dispares en términos de la cantidad de municipios adscritos. Siguiendo la lógica de la tercera metodología, es posible inferir que la metodología Roca et al, puede ser mejorada mediante el análisis de los aportes marginales de población y trabajadores, haciendo flotante el límite de interacción del uno por mil para cada área metropolitana.

### Metodología de delimitación propuesta

En la presente investigación, la metodología usada finalmente para delimitar las áreas metropolitanas ha sido la propuesta por Roca, Marmolejo & Moix, y usada por Roca, Arellano & Moix [6] en la delimitación de Madrid y Barcelona. Esta metodología consiste en la delimitación de protosistemas y sistemas urbanos consolidados. Se basa en la aplicación de la técnica del valor de interacción a partir de la matriz de flujos residencia-trabajo entre dos municipios  $i$  y  $j$ . Se expresa a partir de la siguiente ecuación

$$VI_{ij} = \frac{f_{ij}^2}{POR_i LTL_j} + \frac{f_{ji}^2}{POR_j LTL_i} \quad (1)$$

Donde  $VI_{ij}$  es el valor de interacción entre los municipios  $i$  y  $j$ ;  $f_{ij}$  y  $f_{ji}$  son los flujos de  $i$  a  $j$  y de  $j$  a  $i$ , respectivamente;  $POR_i$  y  $POR_j$  es la población ocupada residente de  $i$  y  $j$ , y  $LTL_i$  y  $LTL_j$  son lugares de trabajo localizados en ambos municipios.

La detección de los protosistemas se da a partir de la agregación de los municipios que tienen los valores de interacción más altos. El proceso se realiza a través de los siguientes pasos: 1) Unión de los municipios metropolitanos, en una agrupación de municipios, teniendo en cuenta sus máximos valores de interacción, 2) consolidación de las agrupaciones resultantes en protosistemas, a partir de sus

máximos valores de interacción, 3) Consolidación del protosistema con los municipios físicamente continuos, y 4) los protosistemas finalmente consolidados deberán cumplir con un mínimo del 50% de autocontención del empleo.

Una vez detectados los protosistemas consolidados, el siguiente paso en la delimitación del sistema metropolitano consiste en agregar protosistemas, a partir del máximo valor de interacción entre ellos. En las áreas metropolitanas policéntricas la agregación se da como un proceso gradual, desde los protosistemas periféricos hacia el protosistema central, donde se localiza el municipio que corresponde al centro del sistema. El proceso de interacción se detiene en el punto donde el aporte del valor de interacción es marginal y donde la cantidad de interacciones, para que entre un nuevo protosistema, es excesiva. Roca, Arellano & Moix, detienen el proceso de iteración en el umbral de valor de interacción equivalente a 1/1.000.

El aporte que se realiza a esta metodología es un análisis, caso a caso, observando el umbral de valor de interacción (1/1.000), de modo que se incluya un nuevo protosistema cuando no haya que esperar muchas iteraciones y que el valor de interacción no sea marginal, es decir lo más próximo a 1/1000. De esta forma en el conjunto de los siete sistemas metropolitanos, solo en el caso de Madrid y Sevilla el valor de interacción se ha detenido en un valor de 0,99/1.000 y de 0,8/1.000, respectivamente, permitiendo incluir en ambos casos un nuevo protosistema (Aranjuez en el caso de Madrid y Gerena en el caso de Sevilla).

### **Datos referidos al ámbito de estudio**

Para el análisis de las áreas metropolitanas se utiliza la densidad de población + lugares de trabajo localizados /suelo artificializado propuesta por Marmolejo & Stallbohm [7].

Los resultados sugieren que, según datos derivados del INE 2001, el área metropolitana de Bilbao (147.441 (POB+LTL)/KM<sup>2</sup>) es la más densa de todas las áreas estudiadas. Muy por debajo, está el área metropolitana de Madrid (92.910 (POB+LTL)/KM<sup>2</sup>) y le siguen Barcelona, Valencia y Zaragoza. En el otro extremo, está el área metropolitana de Málaga con la densidad más baja (70.318 (POB+LTL)/KM<sup>2</sup>).

En el total de las áreas metropolitanas los datos proporcionados por la base de datos Corine Land Cover sobre el suelo artificializado no considera los núcleos urbanos excesivamente pequeños, o cuyo trazado no tiene tales características, afectando de tal forma el cómputo de la densidad. Este aspecto afecta especialmente los datos sobre la densidad del área metropolitana de Bilbao, donde municipios con una base de población de residentes y LTL, no son consideradas como áreas urbanizadas.

AMF_CM11	Número de municipios	Suelo Artificializado* (Km2)	Población	Lugares de trabajo localizado (LTL)	Población ocupada residente (POR)	Trabajadores Residentes (RW)	Hijos de Entrada (FLE)	Hijos de Salida (FLS)	Densidad
		a	b	c					d=(b+c)/a
Barcelona	184	74,50	4.530.164	1.903.867	2.013.298	1.061.518	842.349	951.780	86.364
Bilbao	89	11,15	1.205.276	438.382	481.768	200.243	238.139	281.525	147.441
Madrid	183	85,99	5.542.843	2.446.400	2.499.645	1.457.232	989.168	1.042.413	92.910
Málaga	32	19,36	994.984	366.525	369.633	272.838	93.687	96.795	70.318
Sevilla	52	23,70	1.381.531	447.849	477.668	307.261	140.588	170.407	77.193
Valencia	104	30,81	1.792.375	686.247	744.089	395.680	290.567	348.409	80.458
Zaragoza	88	12,72	724.335	301.860	308.212	244.315	57.545	63.897	80.662

\* El suelo artificializado es compuesto por los siguientes usos: Urbano continuo, urbano laxo, urbanización exenta o ajardinada, zona industrial o comercial, zona portuaria, aeropuerto (9 % de la superficie, la cual corresponde al edificio de la terminal), zonas verdes urbanas, instalaciones deportivas y recreativas, zonas en construcción (solo las superficies que no corresponden a infraestructuras)

Tabla 1: Densidad neta de la población día – noche.

En el contexto de los trabajadores residentes, los resultados dejan ver la alta autocontención de las áreas metropolitanas de Zaragoza y Málaga, ya que más de un 70 % de su población ocupada residente (POR) trabaja en el mismo municipio que reside. Situación inversa para el área metropolitana de Bilbao ya que tan solo un 41 % de su POR trabaja en el mismo municipio que reside.

Según datos del Corine Land Cover para los años 1990 y 2000, el consumo de suelo ha aumentado en forma importante, en casi todas las áreas metropolitanas analizadas. Para poder comparar el consumo de suelo de las áreas metropolitanas<sup>1</sup> se analiza la densidad (población + LTL/suelo artificializado) y como detalla la tabla 2, los resultados sugieren que las áreas metropolitanas estudiadas han visto de forma significativa reducida su densidad de ocupación, respecto a 1990, a pesar de que la ocupación del suelo se ha visto incrementada.

AMF_CM11	Suelo artificializado 1990* (Km2)	Suelo artificializado 2000* (Km2)	Población 1991	Población 2001	Lugares de trabajo localizado 1991	Lugares de trabajo localizado 2001	Densidad 1991	Densidad 2001	Cambio de densidad
	a	b	c	d	e	f	g=(c+e)/a	h=(d+f)/b	i=h-g
Barcelona	58,54	74,34	4.359.973	4.530.164	1.621.451	1.903.867	102.183	86.543	15.640
Bilbao	7,51	11,10	1.238.084	1.205.276	388.815	438.382	216.727	148.113	68.615
Madrid	48,36	82,80	5.025.575	5.542.843	n/d	2.446.400	n/d	96.488	n/d
Málaga	14,35	17,39	880.654	994.984	228.702	366.525	77.282	78.290	1.008
Sevilla	16,12	22,27	1.287.242	1.381.531	326.717	447.849	100.149	82.141	18.008
Valencia	18,69	29,56	1.714.809	1.792.375	543.899	686.247	120.861	83.848	37.013
Zaragoza	8,64	13,16	693.031	724.335	n/d	301.860	n/d	77.971	n/d

\* Para efectos de comparación temporal, los usos de suelo artificializado son: Urbano continuo, urbano laxo, urbanización exenta o ajardinada, zona industrial o comercial, zona portuaria, aeropuerto, zonas verdes urbanas, instalaciones deportivas y recreativas.  
Elaboración propia\_CPSV

Tabla 2: Densidad 1991 v/s densidad 2001

Las primeras conclusiones dejan ver que el proceso de delimitación utilizado por Roca, Arellano & Moix [1] (umbral del valor de interacción equivalente a 1/1.000) es coincidente en la mayoría de las áreas metropolitanas estudiadas, excepto en Madrid y Sevilla, donde el proceso se detiene en umbrales de 0.99/1.000 y 0.8/1.000, respectivamente.

<sup>1</sup>Las áreas metropolitana de Madrid y Zaragoza quedan excluidas de los análisis de consumo de suelo debido a que no se dispone de información referente a Lugares de trabajo localizado para el año 1991.

## Referencias

- [1] **Roca, J.; Marmolejo, C.; Moix, M.** (2009). Urban Structure and Polycentrism: Towards a redefinition of the sub-centre concept, *Urban Studies*, volume 46 (Forthcoming)
- [2] **Roca, J.** (2003): La delimitación de la ciudad: ¿una cuestión imposible? *Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales*, nº 135; pp. 17-36.
- [3] **Roca, J.; Arellano, B.; Moix, M.** (2011-forthcoming): Estructura urbana, Policentrismo y Sprawl, los ejemplos de Madrid y Barcelona. *Ciudad y Territorio*.
- [4] **GEMACA.** (1996): Les régions Métropoles de l'Europe du Nord-ouest ; Limites géographiques et structures économiques, Paris.
- [5] **Roca, J. et al.** (2001): "INTERREG-IIC, Estudio prospectivo del sistema urbano del sudeste europeo. Caracterización territorial y funcional de las áreas metropolitanas españolas" Informe final, Noviembre.
- [6] **Marmolejo, C.; Aguirre, C.; Ruiz, M.** (2010a): ¿Hacia un sistema de metrópolis españolas policéntricas?: caracterización de su estructura metropolitana? 6CTV Mexicali 2010.
- [7] **Marmolejo, C.; Stallbohm, M.** (2008): "En contra de la ciudad fragmentada: ¿hacia un cambio de paradigma urbanístico en la Región Metropolitana de Barcelona?" Diez años de cambios en el Mundo, en la Geografía y en las Ciencias Sociales, 1999-2008. Actas del X Coloquio Internacional de Geocrítica, Universidad de Barcelona, 26-30 de mayo de 2008.

